

## ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОФЕССИЙ

**Н. А. Бурилов,**

студент

**П. А. Ярошевский,**

студент

**Я. А. Шарыпов,**

студент

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** В статье рассматриваются недостаток технической и практической подготовки выпускников вузов и применение интерактивных компьютерных игр в образовательном процессе как способ повышения практического опыта студентов транспортного направления.

**Ключевые слова:** симуляторы, образование, практические навыки, компьютерные технологии, Car Mechanic Simulator, Tank Mechanic Simulator.

## THE INTRODUCTION OF MODERN INTERACTIVE COMPUTER GAMES IN THE LEARNING PROCESS OF STUDENTS OF TECHNICAL PROFESSIONS

**Abstract.** The article discusses the lack of technical and practical training of University graduates and the use of interactive computer games in the educational process as a way to improve the practical experience of students in the transport field.

**Keywords:** simulators, education, practical skills, computer technology, car mechanic simulator, tank mechanic simulator.

Компьютерные технологии играют важную роль жизни человека и развитии цивилизации. Их внедряют в самые разные отрасли: научные исследования, производство, сельское хозяйство, медицину и образование. Компьютер является мощным учебно-техническим устройством, значительно повышающим производительность труда. Основная роль компьютера в процессе обучения — расширить возможности в получение теоретических и практических знаний.

С каждым годом обучение все больше переходит в электронный формат и на практические занятия отводится все меньше часов, а в условиях пандемии образовательные учреждения были вынуждены перейти на дистанционный режим. В связи с этим снижается уровень технической и практической подготовки выпускников вузов и знания ими материальной части. Способствует этому и отсутствие достаточно большой материальной базы способной обеспечить всех студентов достаточным и разноплановым количеством работы.

Содержать большой парк неисправных машин — непростая задача. Требуется место для хранения, диагностики и ремонта, сложное и дорогостоящее оборудование, склады с запасными

частями, а также своевременное обновление парка неисправных машин.

В качестве решения данной проблемы мы предлагаем проводить обучение студентов с применением компьютерных игр или разработать приложение для обучения. Несмотря на то, что большинство игр несет в себе развлекательную функцию, в последнее время все чаще встречаются игры, которые попутно несут и образовательный характер.

В качестве базы мы предлагаем рассмотреть игры серии «Mechanic Simulator» польского разработчика «Red Dot Games». В играх «Car Mechanic Simulator» и «Tank Mechanic Simulator» основной задачей игрока является выполнение заказов на диагностику и ремонт транспортного средства.

Вы начинаете игру в небольшом гараже, у вас есть минимальный набор инструментов для проведения простых работ (замены масла, различных фильтров, колес и т. п.). В процессе развития вы приобретаете лучший инструмент, приспособления и стенды для диагностики автомобилей.

Чем опытнее вы становитесь, тем сложнее вам предоставляются заказы, от замены масла до проведения капитального ремонта двигателя. Техническая составляющая данной игры реализована на очень высоком уровне. Двигатель, ку-

выстроить последовательность улучшения конструкции.

5. Для каждого потенциально возможного дефекта требуется разработать предупреждающие действия.

6. Все предупреждающие действия необходимо осуществить на практике для предупреждения потенциально опасных ситуаций.

Участники действий по улучшению продукции вовлекаются в регулярное обсуждение и анализ разрабатываемых решений. Это создает среду, в которой реализуется феномен совместной мыслительности участников исследования. Продуктивность такого подхода на порядки выше, чем

практика традиционных обсуждений и анализа причин отклонений, отказов, аварий в формате совещаний у главных специалистов.

К сожалению, в настоящее время проектные организации, службы главных специалистов проявляют мало активности в деле освоения методики FMEA. Даже дистанцируются от этих подходов.

Рекомендуется начинать изучение данного метода в формате высшей школы. При этом практическое применение FMEA для решения конкретных производственных задач будет способствовать формированию интеллектуального ядра предприятия.

### **Список литературы**

1. Стандарт системы менеджмента качества автомобильной промышленности IATF 16949:2016.
2. *Кочетков Е. П.* Диалоги консультанта о предупреждении отказов. Н. Новгород : ООО СМЦ «Приоритет», 2007. 104 с.
3. Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Reference manual. First Edition Issued February, 1993.
4. Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Reference manual. First Edition Issued June, 2008.

## НЕОХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ FMEA ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Е. В. Калинин,**

*ст. преподаватель*

**Д. А. Метелев,**

*доцент, канд. экон. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Рассмотрена методика проведения анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA), применяемая при разработке и проектировании новых изделий в автомобильной промышленности. Проанализированы основные этапы алгоритма. Показана полезность практического изучения FMEA в высшей школе.

**Ключевые слова:** *потенциальный отказ, петля качества, предупреждающие действия, работа в команде, оценка риска.*

## THE NEED FOR THE FMEA TECHNOLOGY USE IN DEVELOPMENT AND DESIGN OF VEHICLES

**Abstract.** The article considers the method of Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) used in the new products designing in the automotive industry. The main stages of the algorithm are analyzed. The usefulness of practical FMEA study in higher education is shown.

**Keywords:** *potential failure, quality loop, preventive actions, teamwork, risk assessment.*

Разнообразные транспортные средства постоянно сопровождают современного человека в его практической деятельности. Они обеспечивают перевозки необходимых грузов, доставляют людей в места назначения, сокращают расстояния и экономят время. Полезность транспортных средств очевидна.

Одновременно с этим транспортные средства способны усложнять жизнь. Они негативно влияют на экологию, могут задерживать поставки товаров, нередко становятся причинами травм людей. Поэтому улучшение качественных характеристик создаваемых машин, в том числе повышение удобства их практического применения, обеспечение безопасной эксплуатации, является важным делом.

Из опыта проектирования новых изделий известно, что самая маленькая неточность, ошибка, допущенная на ранних этапах проектирования нового механизма, обходится очень дорого, если она не выявлена своевременно. Цена такой недоработки — это повышенная дефектность, дорогая технология и комплектация, неудобство в обслуживании и т. п. Американские производители автомобилей считают, что ошибка, допущенная на любом этапе производства, потребует для исправления на следующем этапе в 10 раз больше

средств, чем если бы она была обнаружена вовремя.

Для обеспечения высокого качества продукции автомобильной отрасли и улучшения ее характеристик международный стандарт IATF 16949:2016 [1] требует от предприятий-поставщиков на **самых ранних этапах** разработки и проектирования изделий проводить для своей продукции анализ видов и последствий потенциальных отказов [2–4].

Причины успеха данной методики в том, что последовательное осуществление FMEA создает эффект глубокого погружения сотрудников, участвующих в аналитической работе, в сущность проблемы, в ее детали и подробности.

Основными этапами алгоритма проведения FMEA конструкции являются:

1. Образование FMEA-команды. Выбор ведущего.
2. Ознакомление с предложенными вариантами проекта конструкции.
3. Проведение «мозгового штурма» с целью определения всех возможных (потенциальных) дефектов конструкции.
4. Определение для каждого выявленного потенциального дефекта величины ПЧР (приоритетного числа риска). Значение ПЧР позволяет

## **Заключение**

Для того чтобы телемедицина основательно вошла в повседневную жизнь общества и изменила в лучшую сторону сферу медицинского обслуживания, ей необходимо решить несколько задач:

- совершенствование имеющихся и создание новых аппаратно-инструментальных средств медицинского назначения нашими предприятиями;
- улучшение качества приложений и ресурсов, которые крайне важны для этой сферы;

— привлечение, как можно больше пациентов и медицинских организаций с их главными ресурсами — врачами;

— оптимизация работы совместно с офлайн-приемами.

Сфере телемедицины предстоит проделать немало работы для того, чтобы весьма консервативное общество начало воспринимать ее наравне с обычной офлайн-медициной. Но если проанализировать возможности, на которые телемедицина уже способна, не остается сомнения в том, что это начало нового значимого этапа в сфере медицины.

причиной такой связи было расстояние или инфекция больного.

Термин «телемедицина» появился во второй половине 70-х годов, но технически в наше время уровень оказания медицинских услуг в форме телемедицины сильно изменился, так как появились информационные технологии, которые отразились на телемедицине.

**Инструментальные факторы развития телемедицины.** Инструментальные факторы развития телемедицины — это медицинское оборудование для удаленного мониторинга пациента. В Уральском регионе тенденция развития медицины находится на уровне внедрения дистанционных консультаций. Уральский регион имеет немало предприятий, которые успешно развиваются в медицине, создают и развивают продукт, который может быть использован в технологиях телемедицины.

Примером может стать Уральский оптико-механический завод им. Э.С. Яламова. Предприятие развивается в области медицинского оборудования для новорожденных и имеет в своем ассортименте реанимационные системы для новорожденных и инкубаторы. УОМЗ представил свою инновационную разработку системы видеонаблюдения. Встроенная камера для инкубатора ИД-03 дает возможность наблюдать за ребенком не только медсестре на диспетчерском пункте, но и родителям через сеть Интернет.

Еще один успешный екатеринбургский завод — это завод электромедицинской аппаратуры. В его ассортименте также положено начало телемедицине, и заложено оно в видеокамерах к хирургическим светильникам.

Система видеонаблюдения представляет собой комплексное решение по записи, хранению и трансляции видеоматериала напрямую с операционных светильников серии «ЭМАЛЕД». Это необходимо для анализа операций и обучения персонала. Если говорить о частностях, возможности предлагаемой системы подходят как для съемки учебных видеофильмов по конкретным операциям для студентов, так и для проведения аналитической работы и обучения действующих хирургов.

Благодаря вышеизложенным данным, можно смело утверждать, что у Свердловской области есть все шансы в скором времени внести свой ощутимый вклад в развитие телемедицины в части аппаратного и инструментального сопровождения.

**Инфраструктурные факторы развития телемедицины.** Инфраструктурными факторами развития телемедицины являются Интернет и цифровые технологии. Во время пандемии перемены

не обошли стороной и эти сферы. К примеру, можно взять изменения, которые коснулись непосредственно Свердловской области. Согласно результатам исследований, рост трафика на одного пользователя в возрасте от 50 до 65 лет в Екатеринбурге вырос на 36,3 %. Таким образом, старшее поколение екатеринбуржцев стало самым активным по освоению интернет-пространства среди жителей городов-миллионников.

Региональный проект «Информационная инфраструктура» в Свердловской области стартовал в 2019 году. Всего в него вошли 1650 социально значимых объектов, расположенных в 563 населенных пунктах региона. На данный момент уже 957 из них подключены к сети Интернет. До конца 2021 года доступ в Сеть появится еще в 693 организациях. Данные изменения позволят создать на Среднем Урале конкурентоспособную сеть передачи данных даже в отдаленных населенных пунктах.

Перемены в привычном образе жизни заставили людей подстраиваться под новые условия и подтолкнули к заметному прогрессу в сфере информационных систем.

Можно определенно сказать, что это весомый вклад в развитие телемедицины, ведь к одному из самых существенных факторов, тормозящих развитие телемедицины в России, относится именно недоступность для некоторой части населения современных технологий. Не все пациенты имеют технику и Интернет для связи с врачом. Недостаточное развитие информационных технологий также отражается в невозможности обеспечить безопасность персональных данных пользователей в соответствии с нормами закона № 152-ФЗ от 27.07.2006.

**Кардиокресло как инновационный продукт.** Одно из интересных предложений в развитии удаленного мониторинга — это разработка кардиокресел для выявления болезней сердца. Предложена она была учеными Первого Московского государственного медицинского университета им. И. Сеченова совместно с компанией CardioQVARK в начале этого года.

Кардиокресла планируется размещать массово в аптеках, торговых центрах и других местах, куда люди ходят каждый день. Скрининг нарушений сердечного ритма позволит выявить фибрилляции предсердий, которые повышают риск инсульта в пять-шесть раз, а риск сердечной недостаточности — в три раза. В России смертность от инсульта — одна из самых высоких в мире. На ее долю приходится 175 смертей на каждые 100 000 человек.

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

**Д. Н. Терентьева,**

*магистр*

**А. А. Сметанина,**

*магистр*

**Е. Ю. Кузнецова,**

*профессор, д-р экон. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Рассмотрена актуальность развития телемедицины, усилившаяся в эпоху пандемии. Изучены инструментальные факторы развития телемедицины на примере машиностроительных предприятий Свердловской области, развивающих производство медицинской техники в рамках направления производства гражданской продукции. Проанализированы достижения в развитии инфраструктурных факторов развития телемедицины — Интернета и цифровых технологий. Рассмотрен пример производства инновационного продукта, относящегося к медицинской технике, проблемы его использования и эффекты его применения.

**Ключевые слова:** телемедицина, медицинская техника, инфраструктура телемедицины.

## INSTRUMENTAL AND INFRASTRUCTURAL FACTORS OF TELEMEDICINE DEVELOPMENT

**Abstract.** The urgency of the development of telemedicine, which has intensified in the era of a pandemic, is considered. The instrumental factors of the development of telemedicine are studied on the example of machine-building enterprises of the Sverdlovsk region, developing the production of medical equipment within the framework of the production of civilian products. Achievements in the development of infrastructural factors for the development of telemedicine — the Internet and digital technologies — are analyzed. An example of the production of an innovative product related to medical technology, the problems of its use and the effects of its application are considered.

**Keywords:** telemedicine, medical technology, telemedicine infrastructure.

### Актуальность развития телемедицины и задачи исследования

Телемедицина — это прикладное направление медицинской науки, связанное с разработкой и применением на практике методов дистанционного оказания медицинской помощи и обмена специализированной информацией на базе использования современных информационных и телекоммуникационных технологий. В связи со вспышкой коронавирусной инфекции актуальность телемедицины стала еще выше, так как вирус оказался очень опасным для контактирующих здоровых людей с заболевшими.

Целью работы является изучение инструментальных и инфраструктурных факторов развития телемедицины в Свердловской области.

Задачи:

— изучение современного рынка производителей медицинского оборудования на территории

Свердловской области, выпускаемый машиностроительными предприятиями продукт и сегмент его распространения;

— анализ инфраструктурных возможностей территории Свердловской области в части применения телемедицины;

— проанализировать ограничения применения технологий телемедицины и перспективы ее развития;

В работе использованы статистические материалы из открытых источников, касающиеся поставленных задач; методы исследования — экспертный опрос, анализ и синтез данных из открытых источников относительно предмета исследования.

**Развитие телемедицины.** Появление телемедицины состоялось задолго до появления смартфонов и компьютеров — во времена телеграфа. Врач давал консультации по телефону, основной



4. Ларкин Е. В., Акименко Т. А., Ариакян А. А., Будков А. Н. Промышленный робот с информационной системой управления // Изв. ТулГУ. Техн. науки. 2013. Вып. 4. С. 133–138.
5. Хрущ А. В., Михайлов Б. Б. Управление мобильным роботом с бортовой системой объемного зрения // Механика, управление и информатика. 2012. № 8. С. 62–67.
6. Акименко Т. А., Ларкин Е. В., Лариошкин И. Н. Общий принцип реализации команд цифровой системой управления // Актуальные проблемы современной науки и производства : материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Рязань : ИП Коняхин А. В. (Book Jet), 2020. С. 189–194.
7. Ларкин Е. В., Акименко Т. А., Лариошкин И. Н. Особенности работы программного обеспечения управляемого роботизированного оборудования // Актуальные проблемы современной науки и производства : материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Рязань : ИП Коняхин А. В. (Book Jet), 2020. С. 195–201.
8. Akimenko T. A., Larkin E. V. The Method of Successive Simplifications of the Semi-Markov Process. 2019. 8-th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). Book series: Mediterranean Conference on Embedded Computing. 2019. P. 331–335.
9. Akimenko T. A., Larkin E. V. The temporal characteristics of a wandering along parallel semi-Markov chains. Communications in Computer and Information Science. 2019. Vol. 1071. P. 80–89 // 4-th International Conference on Data Mining and Big Data, DMBD 2019. DOI: 10.1007/978-981-32-9563-6\_9.

личина, соответствующая удерживаемому коду в регистре.

Сигнал с выхода цифроаналогового преобразователя сравнивается с сигналом сенсора, при этом формируется разностный сигнал, который корректируется в соответствии с выбранным при проектировании законом управления. Коррекция сигнала осуществляется на физическом уровне, без временной задержки, что соответствует общему принципу обработки сигналов на физическом уровне [4; 5]. Скорректированный аналоговый сигнал обрабатывается приводом, в результате чего перемещается исполнительный механизм. Это перемещение измеряется с помощью сенсора. Сигнал сенсора, с одной стороны, подается на схему сравнения в аналоговом виде, а с другой — преобразуется в цифровую форму. Цифровой код, в свою очередь, может быть считан через контроль ввода-вывода по интерфейсу, соединяющему контур управления с бортовой ЭВМ.

Показано, что любые временные интервалы, генерируемые программно, являются случайными [6; 7]. Случайность временного интервала опроса сенсоров, или приводов, приводит к тому, что истинный момент опроса смещается относительно теоретического момента на некоторый интервал, который является случайным.

В ЭВМ фон-Неймановского типа при опросе периферийных устройств реализуется принцип: один запрос — одно слово данных [8; 9]. Это порождает так называемый перекося данных, т. е. смещение моментов опроса элементов вектора данных относительно теоретического момента опроса вектора. Названная ситуация приведена на рис. 2, где показаны:  $s_n$  —  $n$ -е вводимые/выводимые данные;  $c_n$  —  $n$ -е запросы на ввод/вывод данных;  $t_d$  — теоретические моменты запросов;  $t_{d1}$ ,  $t_{d2}$  — реальные моменты запросов, обозначенные жирной штриховой линией.

Смещение времени запроса порождает изменение вводимых данных. Величина изменения определяется как

$$\Delta s_n = \frac{ds_n}{dt} \Delta t, \quad (1)$$

где  $\Delta t$  — время отклонения.

Как следует из (1), величина отклонения зависит от производной от сигнала  $s_n$  и времени отклонения. Сигнал  $s_n$  является случайной функцией по определению, интервал  $\Delta t$  также является случайной величиной. Поэтому появление случайного фактора в виде интервала  $\Delta t$  порождает шум полинга, или шум перекося данных. Этот шум является индивидуальным для каждой величины  $s_n$ . Сигнал может быть представлен в виде:

$$s_d(t) = s(t) + r_d(t), \quad (2)$$

где  $r_d(t)$  — вектор шума полинга;  $\Delta t_n$  — случайное время перекося, индивидуальное для каждого обрабатываемого сигнала;

$$r_d(t) = \begin{pmatrix} \frac{ds_1(t)}{dt} \Delta t_n \\ \dots \\ \frac{ds_n(t)}{dt} \Delta t_n \\ \dots \\ \frac{ds_N(t)}{dt} \Delta t_N \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Таким образом, с одной стороны, осуществляется управление состоянием механизма без бортовой управляющей ЭВМ, а с другой — осуществляется информационный обмен между контуром управления и бортовым компьютером, что необходимо для определения текущего состояния МР.

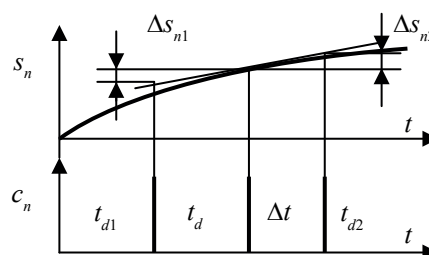


Рис. 2. Перекося данных

### Список литературы

1. Акименко Т. А., Аришакян А. А., Ларкин Е. В. Управление информационными процессами в робототехнических комплексах специального назначения : монография. Тула : Изд-во ТулГУ, 2012. 150 с.
2. Бобырь М. В. Адаптация системы управления мобильным роботом на основе нечеткой логики // Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. № 7. С. 449–455. DOI: 10.17587/mau.16.449–455.
3. Давыдов О. И., Пряничников В. Е. Управление движением мобильного робота по данным ультразвуковых сенсоров // Информ.-измерит. и управляющие системы. 2015. Т. 13, № 7. С. 57–67.



## ШУМ ПОЛИНГА И ПЕРЕКОС ДАННЫХ

**Е. В. Ларкин,**

профессор, д-р техн. наук

**Т. А. Акименко,**

доцент, канд. техн. наук

**И. Н. Лариошкин,**

аспирант

Тульский государственный университет, Тула

**Аннотация.** В данной статье приведена и описана схема реализации локальных аналоговых контуров управления на базе мобильного робота. Дано понятие «перекос данных» и «шум полинга».

**Ключевые слова:** шум полинга, перекос данных, система управления, мобильный робот, робототехнический комплекс, локальный контур управления.

## POLING NOISE AND DATA SKIN

**Abstract.** This article provides and describes a scheme for the implementation of local analog control loops based on a mobile robot. The concept of “data skew” and polling noise is given.

**Keywords:** poling noise, data skew, control system, mobile robot, robotic complex, local control loop.

В настоящее время широко используются в различных областях человеческой деятельности мобильные роботы (МР). Типовой мобильный робот представляет собой дистанционно управляемое или функционирующее по программе транспортное средство (наземное, воздушное, надводное, подводное), несущее на себе оборудование для сбора информации об окружающей среде и воздействия на окружающую среду. Значительный объем оборудования, размещаемого на борту МР порождает, во-первых, проблему согласования его функционирования во времени, а во-вторых, проблему распределения вычислительных ресурсов бортовой ЭВМ между контурами управления бортовым оборудованием. Поэтому существенно важной при разработке МР является оптимизация циклограмм, организующих рациональное функционирование отдельных единиц оборудования и всего мобильного робота в целом.

Одним из возможных способов ввода/вывода данных из бортовой ЭВМ является полинг, т. е. ввод в основную управляющую программу операторов ввода/вывода.

Схема реализации локальных аналоговых контуров управления приведена на рис. 1.

В локальный аналоговый контур управления входят привод, механизм, сенсор, регистр, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и контроллер ввода-вывода [1–3]. Структура представляет собой

классическую систему управления с обратной связью и работает следующим образом. Цифровой код, соответствующий требуемому значению выходного параметра исполнительного механизма (скорость, перемещение рабочего органа), вводится через контроллер в регистр  $R_r$  и удерживается там до следующего ввода требуемого значения. Выходы регистра подключены ко входам цифро-аналогового преобразователя, и при появлении цифрового кода на выходе ЦАП с временной задержкой, определяемой только быстродействием аналоговой части ЦАП, появляется выходная ве-

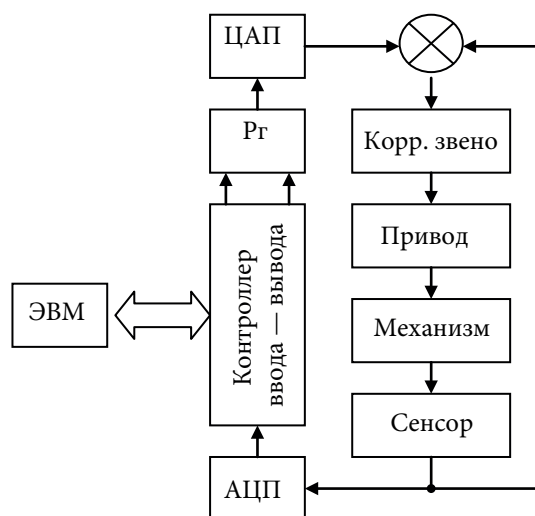


Рис. 1. Схема локального аналогового контура управления

нята еще в 2006 году. По анализу за 2013–2017 годы в России можно сказать, что контракты жизненного цикла не имели широкого распространения, а сферы применения КЖЦ были ограничены.

Многие компании смущает ряд проблем, связанных с заключением КЖЦ:

1. Пробелы в нормативно-правовой базе (законодательство узко трактует понятие КЖЦ, что является препятствием для полной реализации возможностей подрядчика).

2. Трудности при расчете стоимости жизненного цикла объекта. (При формировании бюджета сложно учесть стоимость обслуживания объекта с учетом его фактического износа.)

3. Неравномерное распределение ответственности. (По законодательству все инфляционные риски ложатся на исполнителя. Отсутствие государственных гарантий не долгосрочный период увеличивает риски подрядчика.)

4. Длительная окупаемость проектов снижает инвестиционную привлекательность (это уменьшает количество потенциальных подрядчиков и исключает малый и средний бизнес).

5. Малоопытность в управлении КЖЦ (КЖЦ достаточно новое направление для российской экономики, поэтому присутствует дефицит квалифицированных специалистов).

### **Список литературы**

1. Единая информационная система [Электронный ресурс]. URL: [zakupki.gov.ru](http://zakupki.gov.ru).
2. Система «Тендерплан» [Электронный ресурс]. URL: [tenderplan.ru](http://tenderplan.ru).
3. Система «Контур. Закупки» [Электронный ресурс]. «РЖД», контракт жизненного цикла, за исключением Организация ускоренного движения, внедрению единой. URL: [kontur.ru](http://kontur.ru).

ментов контракта жизненного цикла в России стал проект высокоскоростных поездов «Сапсан» ОАО «РЖД», запущенные между Москвой и Санкт-Петербургом в мае 2006 года. При этом РЖД не просто закупили поезда, а подписали с Siemens Transportation Systems соглашение о сервисном обслуживании этой техники в течение 30 лет или на гарантированный пробег не менее 14 млн км.

В 2011 году ОАО «РЖД» и ООО «СТМ-Сервис» подписали контракт на техническое обслуживание магистральных грузовых электровозов «Синара» (серия 2ЭС6) производства ООО «Уральские локомотивы» (совместное предприятие Группы «Синара» и Siemens AG) [1–3]. Согласно условиям договора, «СТМ-Сервис» обязуется оказывать качественные услуги, необходимые для поддержания электровозов серии 2ЭС6 с номерами 001–137 в технически исправном состоянии.

В 2013 году Московский метрополитен заключил контракт жизненного цикла с одной из крупнейших в России транспортной компанией «Трансмашхолдинг» на сервисное обслуживание подвижного состава [1–3]. На данный момент компанией «ТМХ» обслуживается более 2 тыс. вагонов «Ока» и «Москва». Московский метрополитен получает от «Трансмашхолдинга» вагоны с сервисным обслуживанием в течение 30 лет.

В 2018 году «Трансмашхолдинг» подписал контракт жизненного цикла со своим крупнейшим партнером — ОАО «РЖД». По договору ТМХ обязуется поставить 34 пассажирских и 188 грузовых электровозов и полностью берет на себя их обслуживание в течение 28 лет, вплоть до 2046 года включительно.

Автором статьи была проанализирована статистика заключения контрактов жизненного цикла по всей России за 2013–2017 годы с помощью агрегатов «Тендерплана» и «Контур.Закупки». Также анализ был проведен в Единой информационной системе в сфере закупок. В выборке представлены состоявшиеся КЖЦ с начальной стоимостью от 1 млн рублей.

Анализ показал, что общее количество заключенных КЖЦ в период 2013–2014 годов — 15 контрактов [1–3]. Наибольшее количество контрактов жизненного цикла было заключено в 2014 году (рис. 1). Предметы КЖЦ: ж/д — 60 % (9 контрактов), автодороги — 33,33 % (5 контрактов), освещение — 6,67 % (1 контракт).

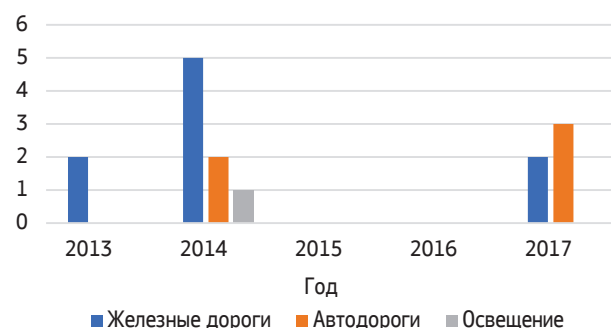


Рис. 1. Количество состоявшихся контрактов жизненного цикла

На рис. 2. представлен процент заключенных контрактов ЖЦ от общего числа завершенных закупок в период с 2013 по 2017 г.

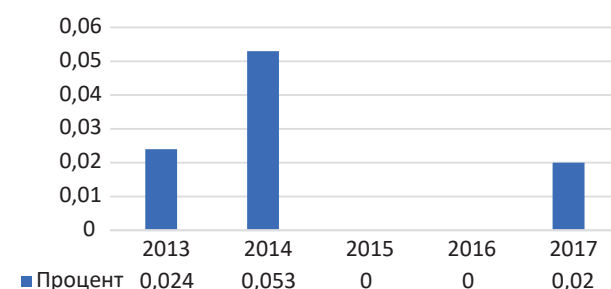


Рис. 2. Процент контрактов жизненного цикла от общего объема закупок

В табл. 1 приведена статистика регионов, участвующих в заключении КЖЦ. А также общая сумма по регионам начальной цены контрактов и итоговой цены контрактов. Популярным регионом заключения контрактов жизненного цикла является Москва и Московская область.

Несмотря на то, что первая попытка заключения контракта жизненного цикла была предпри-

Таблица 1

Статистика по регионам

Регионы	Кол-во тендеров	Кол-во поставщиков	Сумма в руб.	Кол-во заказчиков	Сумма в руб.
Москва и Московская область	9	9	61 953 050 709,33	3	196 775 663 653,33
ХМАО	5	5	1736368964,94	3	1739778704,94
Нижегородская область	1	1	1 148 097 462,92	1	1 148 097 462,92
Свердловская область	1	1	9 373 245 502,50	1	12 497 660 670,00

## ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ЗАКЛЮЧЕНИЯ КОНТРАКТОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РОССИЙСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

**К. Н. Охотина,**

магистрант

**М. А. Прилуцкая,**

канд. экон. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** Статья посвящена контракту жизненного цикла как форме государственно-частного партнерства. Особое внимание уделено контрактам жизненного цикла, заключенным в Российской Федерации. Проведен анализ статистики заключения контрактов жизненного цикла в России за 2013–2017 гг. Выделены проблемы применения контрактов жизненного цикла в РФ.

**Ключевые слова:** государственно-частное партнерство, ГЧП, контракт жизненного цикла, КЖЦ, транспортная отрасль, статистика заключения КЖЦ.

## FEATURES AND PROBLEMS OF CONCLUDING LIFE CYCLE CONTRACTS BY RUSSIAN ENTERPRISES

**Abstract.** The article is devoted to the life cycle contract as a form of public-private partnership. Special attention is paid to life-cycle contracts concluded in the Russian Federation. The analysis of statistics on the conclusion of life cycle contracts in Russia for 2013–2017 is carried out. The problems of applying life-cycle contracts in the Russian Federation are highlighted.

**Keywords:** public-private partnership, PPP, life cycle contract, LCC, transport industry, statistics of LCC conclusion.

Основным фактором развития экономики России и других стран является качественное взаимодействие государства и бизнеса. Поэтому последние несколько лет в России большую популярность приобретает такая форма взаимодействия, как государственно-частное партнерство (далее ГЧП).

В настоящее время существует большое количество форм ГЧП, которые адаптированы для решения различных задач и удовлетворения различных потребностей государства и частного партнера. Одной наиболее распространенной из таких форм является контракт жизненного цикла.

Первые контракты ЖЦ были подписаны в Великобритании в 1992 году. Там они получили название частной финансовой инициативы (Private Finance Initiative). На основе этой формы государственно-частного партнерства был построен туннель под Ла-Маншем, проложены новые ветки лондонского метрополитена и множество линий скоростных поездов.

Главное преимущество заключается в том, что данная форма взаимодействия выгодна обеим сторонам. Производитель повышает качество работы,

приобретает новые компетенции и получает прибыль на протяжении всего периода срока службы объекта. А заказчик перекладывает все проектные, строительные и эксплуатационные риски на частного партнера и не переживает по поводу своевременности и полноты выполнения работы.

Исходя из зарубежного опыта, можно сказать, что проекты, реализуемые через КЖЦ, строятся быстрее и обходятся государству дешевле, чем традиционная форма бюджетного финансирования. В Европе большая доля всех контрактов жизненного цикла приходится на транспортную отрасль. Аналогичная ситуация обстоит и в России.

Понятие контракта жизненного цикла появилось в России недавно. Широкое применение КЖЦ стало возможным после принятия Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ и Постановления Правительства РФ от 28.11.2013 № 1087 (ред. От 01.06.2020) «Об определении случаев заключения контракта жизненного цикла».

Одним из первых крупнейших проектов в транспортной отрасли с использованием эле-

1. Что вдохновляет сотрудников данного предприятия, развивает их инициативу, творческую активность?

2. Что мешает сотрудникам проявлять их творческий потенциал, препятствует выполнению работ/заданий наилучшим образом?

Рассмотрение сотрудников предприятия в качестве потребителей труда менеджеров, создающих условия для их работы, позволяет применить для проведения исследования методы, разработанные и успешно опробованные при изучении поведения потребителей продукции предприятия [4]. Такой подход помогает увидеть новые возможности развития.

Квалифицированное исследование удовлетворенности сотрудников, обеспечивающее получение надежных результатов, предполагает выполнение работ в два этапа. На первом этапе проводится поисковое исследование. Его целью является определение запросов сотрудников предприятия и уточнение относительной важности этих запросов на момент проведения исследования. На основе полученной информации разрабатывается анкета, которая становится инструментом проведения основного исследования, выполняемого на втором этапе.

При подготовке вопросов анкеты важно обращать внимание на то, чтобы не применялись двусмысленные формулировки, не использовались незнакомые термины или жаргон, не применялись двойные вопросы. Требуется обязательно применять цифровые шкалы.

Коллектив предприятия представляет собой социальную систему со своими специфическими свойствами. Такая система является нелинейной, поэтому в ней могут возникать синергетические эффекты. Благодаря их существованию любая

производственная система способна повышать свою производительность в больших пределах. В российской печати публиковались материалы о росте производительности предприятия в 45 раз за 10 лет без замены оборудования и без увеличения численности сотрудников [5], то есть за счет изменения характера взаимодействия в коллективе предприятия.

Проведение тренингов (в том числе по измерению удовлетворенности сотрудников) на предприятиях Уральского региона в течение 10 лет позволяет сделать следующие выводы об особенностях организаций, более успешных в удовлетворении своих внутренних потребителей (сотрудников предприятия):

- представители высшего руководства придерживаются единства слова и дела в отношении удовлетворения сотрудников;
- высшее руководство постоянно помнит о значении своих сотрудников;
- используются точные методики измерения удовлетворенности сотрудников;
- постоянно поддерживается обратная связь по результатам исследований;
- решения о приоритетах для улучшений принимаются оперативно.

Люди на таких предприятиях имеют высокий уровень социальной защищенности. Они перестают быть просто хорошими **работниками**. Они становятся **сотрудниками**, настроенными на творческое отношение к своему труду и постоянное развитие своего предприятия.

Но самое важное достижение — на предприятиях формируется атмосфера заинтересованности и сотрудничества, в которой коллектив предприятия развивается как социальный феномен, способный улучшать свои характеристики.

#### Список литературы

1. Калинин Е. В. Принципы менеджмента качества. Екатеринбург : Изд-во АМБ, 2012. 68 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
3. Шпренгер Р. Мифы мотивации. Выходы из тупика / пер. с нем. Калуга : Духовное знание, 2004. 296 с.
4. Хилл Н., Сельф Б., Роше Г. Измерение удовлетворенности потребителя по стандарту ИСО 9000:2000. М. : Изд. дом «Технологии», 2004. 192 с.
5. Щербо Г. У руля «Мерседеса» // Эксперт. 2003. № 15. С. 29–36.



## ПОВЫШЕНИЕ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СОТРУДНИКОВ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Е. В. Калинин,**

*ст. преподаватель*

**Л. Л. Калинина,**

*доцент, канд. экон. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Предложен подход к повышению вовлеченности сотрудников, опирающийся на измерение степени их удовлетворенности работой на предприятии. При этом сотрудники рассматриваются как потребители организационной деятельности менеджмента. Показана возможность достижения синергии производства за счет изменения характера взаимоотношений в трудовом коллективе.

**Ключевые слова:** *вовлеченность сотрудников, синергетический эффект, социальный феномен, удовлетворенность сотрудников.*

## INCREASING EMPLOYEE INVOLVEMENT AS A FACTOR OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF AN ENTERPRISE

**Abstract.** An approach to increasing the involvement of employees based on measuring the degree of their satisfaction with work at the enterprise is proposed. At the same time, employees are considered as consumers of the organizational activities of management. The possibility of achieving production synergy by changing the nature of relationships in the labor collective is shown.

**Keywords:** *employee involvement, synergy effect, social phenomenon, employee satisfaction.*

Важным направлением развития промышленного предприятия, обеспечивающим его стабильный рост и повышение эффективности деятельности, является постоянное увеличение производительности. Труд людей, создающих на своих рабочих местах новые ценности в виде товаров или услуг, остается единственным источником роста благосостояния граждан, благополучия предприятия, процветания государства в целом.

Известно, что предприятие не сумеет достичь большого успеха, если его сотрудники не будут стремиться к достижению общих целей, не будут разделять общие для них ценности [1]. Не случайно третий принцип менеджмента качества «Взаимодействие работников» гласит: «Для организации крайне важно, чтобы все работники были компетентными, наделены полномочиями и вовлечены в создание ценности. Компетентные, наделенные полномочиями и взаимодействующие работники на всех уровнях организации повышают ее способность создавать ценность» [2].

Длительное время основным инструментом повышения вовлеченности сотрудников предприятий считалась мотивация. Разрабатывались раз-

личные мотивационные схемы, алгоритмы и мероприятия. Однако исследования, опубликованные Рейнхардом Шпренгером, показали, что внешнее мотивирование, применение лозунга «сделаешь то, получишь это» противоречит самой сущности человека [3].

Для того чтобы полноценно вовлечь сотрудников в работу компании, вызвать их заинтересованность в результатах общего труда, необходимо хорошо понимать, что влияет на их созидательную деятельность. С этой целью следует изучать удовлетворенность сотрудников предприятия, которая демонстрирует восприятие сотрудниками степени выполнения их требований и ожиданий от работы в компании.

Все сотрудники любой компании априори являются потребителями результатов организационной деятельности менеджеров. Они постоянно трудятся в производственной среде, формируемой и поддерживаемой руководством компании и линейными руководителями. Изучение восприятия этой среды сотрудниками, ее влияния (позитивного или негативного) на повседневную работу позволяет получить ответы на два важных вопроса:



Нормировочные коэффициенты  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  имеют размерности:

$$[\alpha_1] = \frac{1}{\text{чел.}}; [\alpha_2] = \frac{1}{\text{руб.}}; [\alpha_3] = \frac{1}{\text{кг.}}$$

Численные значения коэффициентов  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  определяются на основании максимальных существующих в Свердловской области значениях  $N_i, Z_i, K_i$ .

$$\alpha_1 = \frac{1}{\max N_i}; \quad \alpha_2 = \frac{1}{\max Z_i}; \quad \alpha_3 = \frac{1}{\max K_i}.$$

Значение потенциалов некоторых населенных пунктов области приведены в табл. 1.

Результаты подтверждают, что строительство мусороперерабатывающего завода необходимо осуществлять около крупных городов, возле которых уже существует другие производства (рис. 1).

По результатам исследования нельзя однозначно сказать, насколько выбранное место является подходящим. Также нет экономического описания

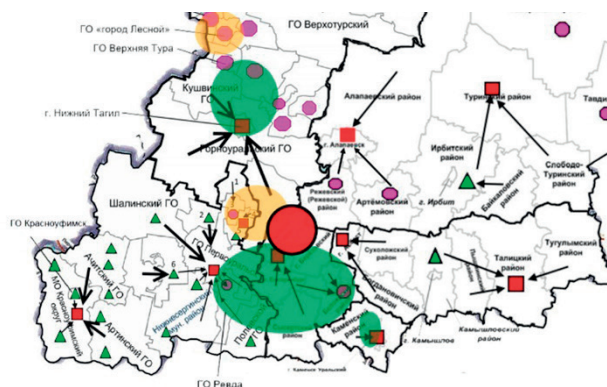


Рис. 1. Схема промышленных районов (зеленые круги) и предполагаемые районы строительства МПЗ (красный круг)

целесообразности строительства данного предприятия в обозначенном круг. Все данные, описанные в этой статье, являются теоретическими и в дальнейшем буду дорабатываться с учетом всех критериев описанными выше.

Таблица 1

Значения потенциалов

Населенный пункт	Численность	Средняя зарплата, руб.	Количество килограммов мусора на 100 чел.	Нормировочный коэффициент $\alpha_1$	Нормировочный коэффициент $\alpha_2$	Нормировочный коэффициент $\alpha_3$	Значения потенциала
Екатеринбург	1 493 749	41 304	10 360	0,0000006695	0,0000231	0,000097	2,96
Нижний Тагил	349 008	34 731	9 800				1,98
...	...	...	...				...
Волчанск	8 525	46 025	9 800				2,02

### Список литературы

1. Кирпичников А. П., Ризаев И. С., Сафаров Н. И., Тахавова Э. Г. Выбор места строительства мусоросжигательного завода методом анализа иерархий // Вестн. техн. ун-та. 2018. № 12. Т. 21. С. 131–134.
2. Сидорович В. Шведская мусорная революция и сжигание отходов // RenEn : интернет-журнал. 30.11.2016. URL: <https://renen.ru/shvedskaya-musornaya-revolutsiya-i-szhiganie-othodov/> (дата обращения: 15.11.2020).
3. Акулова А. А. Организация процесса утилизации автомобилей в уральском регионе : дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2017.

## ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬСТВА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. А. Наумов,**

*магистр*

**А. Е. Гамберг,**

*доцент, канд. экон. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам о развитии мусороперерабатывающей промышленности в Свердловской области в наше время. Цель исследования — оценка строительства мусороперерабатывающего завода и актуальность как способ улучшения экологической обстановки. В статье рассмотрено мнение сторонников мусоросжигательных предприятий. Выявлен уровень готовности к улучшению экологической обстановки, отображена информация о территориальном потенциале строительства мусороперерабатывающего завода.

**Ключевые слова:** мусороперерабатывающие заводы, сжигание, экология, мусорные полигоны.

## LOGISTIC ASSESSMENT OF THE CONSTRUCTION OF A WASTE PROCESSING ENTERPRISE IN THE TERRITORY OF SVERDLOVSK REGION

**Abstract.** The article is devoted to the issues of the development of the waste processing industry in the Sverdlovsk region in our time. The purpose of the study is to assess the construction of a waste processing plant and its relevance as a way to improve the environmental situation. The article discusses the opinion of the supporters of incineration plants. The level of readiness to improve the ecological situation was revealed. And also, the article displays information about the territorial potential of the construction of a waste recycling plant.

**Keywords:** waste processing plants, incineration, ecology, landfills.

### Актуальность

Образование и накопление отходов производства и потребления является одной из наиболее серьезных экологических проблем Свердловской области, на территории которой ежегодно образуется более 150 млн т отходов. Объем отходов ТКО составляет примерно 1800 тыс. т. Большая часть ТКО вывозится на специальные площадки (полигоны). Их место местоположение может быть как вблизи города, так и на его территории. Такие полигоны, во-первых, занимают большую. Во-вторых, загрязняют атмосферу, грунтовые воды, привлекают крыс и птиц, тем самым способствуя распространению антисанитарии в ближайших поселениях.

Одним из возможных решений может быть строительство мусоросжигательных заводов (МСЗ). Такие заводы позволяют не только сократить количество отходов, идущих на полигоны в 10 раз, но и удалить неприятный запах, который выделяют бактерии при разложении мусора. При этом энергию можно использовать для получения электричества и отопления ближайших населен-

ных пунктов, что в свою очередь позволит разгрузить линии электропередач с других объектов [1; 2]. Однако население часто выступает против таких проектов. Люди боятся, что не будут соблюдаться стандарты по очистке выбросов. Исходя из этого, стоит рассмотреть альтернативные способы утилизации отходов, например мусороперерабатывающие комплексы. Для начала необходимо определить потенциал строительства в мусороперерабатывающего предприятия вблизи какого-либо крупного города при помощи линейной формулы, которая применялась в работе [3].

$$P_i = w_1 \alpha_1 N_i + w_2 \alpha_2 Z_i + w_3 \alpha_3 K_i.$$

Показателем для определения потенциала является  $N_i$  численность населения (тыс. чел). Средняя заработная плата  $Z_i$  (тыс. руб.). Количество мусора  $K_i$  (кг) на 1000 чел. в месяц. В рассматриваемой линейной форме для определения потенциала используются весовые коэффициенты  $w_1, w_2, w_3$  придают значимость учитываемых факторов  $N_i, Z_i, K_i$ . В настоящей работе принято  $w_i = 1$ , то есть факторы являются равнозначными.

сящими от температуры, в декартовой системе координат оно имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) + W = c \gamma \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где  $t = t(x, y, z, \tau)$  — температура в точке  $(x, y, z)$  в момент времени  $\tau$ ;  $\lambda = \lambda(t)$  — коэффициент теплопроводности тела;  $c = c(t)$  — удельная теплоемкость тела, Дж/(кг °С);  $\gamma$  — плотность тела, кг/м³;  $W$  — удельная объемная мощность источников энергии.

На температуру перегрева влияют два фактора, поддающиеся корректировке в процессе функционирования теплового тест-объекта. Это напряжение электрического тока  $U$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ .

Напряжение является легко варьлируемым параметром и может быть задано в зависимости от требуемой температуры поверхности. Коэффициент теплоотдачи является функцией многих переменных, и, следовательно, необходимо проведение исследования с целью изыскания закономерностей, позволяющих варьировать и этот параметр.

Важным является последствие излучающих элементов, которое находится во взаимосвязи с коэффициентом теплоотдачи, поэтому существенны вопросы управления коэффициентом теплоотдачи, для решения которых необходимо проведение исследования процесса охлаждения при вынужденной конвекции как наиболее распространенного способа увеличения коэффициента теплоотдачи.

Легко варьлируемым параметром является стационарная температура перегрева  $v_{\text{ст}} = t_{\text{раб}}$ . Таким образом, увеличения скорости повышения температуры излучающих элементов легко добиться путем повышения мощности, поступающей в излучающий элемент.

Интенсивность теплового излучения зависит от температуры поверхностей излучателей, следовательно, для решения задачи стабилизации и варьирования интенсивности излучения требуется

определить зависимость, характеризующую поле температур поверхности излучателя.

В статическом режиме происходит нарушение теплового баланса излучающих элементов, т. е. их температуры начинают значительно превышать требуемые. Возникает необходимость обеспечить как высокую скорость повышения температуры излучающих элементов, так и их корректную работу в стационарном режиме.

Решением является использование средств контроля термического состояния тепловых излучателей — датчиков температуры, управляющих интенсивностью непрерывного потока поступающей энергии в виде блока управления, а также использование импульсной подачи энергии с применением широтно-импульсной модуляции (ШИМ) управляющих воздействий.

Программный модуль позволяет определить температуру элементов тепловой картины, требуемые мощности каналов для достаточно стабильного во времени поддержания заданных температур элементов тепловой картины, а также достаточно корректно и стабильно во времени поддерживать заданные температуры излучающих элементов устройства тестирования разрешения тепловизоров по контрасту при температуре окружающей среды в пределах 10–40 °С и относительной влажности не более 65 %.

Установка и поддержание температур элементов тепловой картины блоком управления осуществляется с использованием пропорционально-интегрально-дифференцирующего регулятора для каждого из элементов устройства тестирования разрешения тепловизоров по контрасту.

Формируемые устройством тестирования разрешения тепловизионных систем по контрасту с программным модулем управления тепловые картины позволяют оценивать качество и разрешающую способность тепловизионных систем наблюдения по контрасту, что в свою очередь влечет за собой из полученных данных максимум достоверной информации, используемой при принятии решений.

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ТЕСТИРОВАНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ТЕПЛОВИЗОРОВ ПО КОНТРАСТУ С ПРОГРАММНЫМ МОДУЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Т. А. Акименко,**

*доцент, канд. техн. наук*

**Е. В. Филиппова,**

*ст. лаборант*

*Тульский государственный университет, Тула*

**Аннотация.** Предложены варианты реализации устройств тестирования разрешения тепловизоров по контрасту с программным модулем управления. Разработаны тест-объект для измерения разрешения тепловизоров, устройство тестирования разрешения тепловизоров по контрасту и программный модуль управления устройством тестирования разрешения тепловизоров по контрасту. Особенность заключается в том, что основными составляющими устройства являются элементы Пельтье, управляемые микроконтроллером с использованием внутреннего или внешнего тактового генератора.

**Ключевые слова:** *тест-объект, разрешение по контрасту, устройство тестирования, тепловизор, модуль управления.*

## FEATURES OF IMPLEMENTATION OF THE TESTING DEVICE OF RESOLUTION OF THERMAL IMAGES ON CONTRAST WITH SOFTWARE CONTROL MODULE

**Abstract.** Variants of the implementation of devices for testing the resolution of thermal imagers in contrast to the software control module are proposed. A test object for measuring the resolution of thermal imagers, a device for testing the resolution of thermal imagers by contrast and a software module for controlling the device for testing the resolution of thermal imagers by contrast have been developed. The peculiarity lies in the fact that the main components of the device are Peltier elements controlled by a microcontroller using an internal or external clock generator.

**Keywords:** *test object, contrast resolution, testing device, thermal imager, control module.*

Современные наземные системы характеризуется повышенной мобильностью, активным взаимодействием с внешней средой, что делает их использование весьма привлекательным для самых разнообразных сфер человеческой деятельности, включая автоматизированное производство, транспорт, космос и подводные исследования, оборону, медицину, строительство и т. д.

В настоящее время широкое распространение имеют автоматические средства наблюдения, работающие в инфракрасном диапазоне спектра.

Неоспоримыми преимуществами, кроме возможности «видеть» в полной темноте, является возможность наблюдать объекты сквозь дым, пыль, туман и при неразрушающем контроле.

Актуальной задачей является создание комплексного устройства тестирования тепловизионных систем наблюдения на основе модулей известных прототипов с внесением изменений в известные структуры, обеспечивающих удовлетворительное функционирование устройства тестирования при работе, а также обеспечиваю-

щее максимально возможное количество тестируемых характеристик тепловизионных систем.

Так, реализация устройства тестирования разрешения тепловизионных систем по контрасту с программным модулем управления представляет собой инфракрасный (тепловой) излучатель, выполненный в виде двух изолированных друг от друга излучающих элементов, контроль за которыми осуществляется управляющим модулем. Устройство предназначено для проведения экспериментов создания тепловой картины и получения достаточно стабильного во времени температурного режима элементов устройства тестирования разрешения тепловизионных систем наблюдения по контрасту.

Протекание теплового процесса в любой точке излучающих элементов в любой момент времени характеризует дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Для изотропного тела с источником тепла, распределено в теле произвольно и теплофизическими параметрами, зави-

2. Итеративная поставка результата в срок с периодичностью, заданной длиной итерации. Клиент или его представитель должен получать наглядное подтверждение соответствия продукта проекта его требованиям и его готовности покупать данный продукт или услугу.

3. Разумная гибкость требований. Гибкость требований позволяет быстро реагировать на изменение внешней среды или учитывать мнение клиента. В случае, если изменения существенно влияют на результат или параметры проекта, то они должны быть согласованы ключевыми участниками и заинтересованными сторонами или в крайнем случае доведены до них.

4. Ритмичный процесс и постоянная коммуникация. Процесс управления проектом должен быть построен на ритмичных событиях, позволяющих планировать, контролировать и корректировать

действия проектной команды и реагировать на изменения ситуации.

5. Адекватная децентрализация принятия решений. Все решения, которые могут быть делегированы отдельным членам команды, должны быть делегированы. При этом централизованное принятие решений необходимо в ситуациях, связанных с высокими рисками для организации.

Таким образом, чтобы усилить плюсы упомянутых методов и компенсировать их недостатки, предлагается сбалансированный набор инструментов и практик. Он должен помочь снизить уровень бюрократии, но при этом сохранить необходимый контроль и вовлеченности команды за счет структурированной коммуникации и системы принятия решений по проектам. Метод позволяет совместить гибкость Agile и системность, предсказуемость и прозрачность, которые дает управление проектами.

#### Список литературы

1. Полковников А. В., Дубовик М. Ф. Управление проектами. Полный курс MBA. М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2015. 552 с.
2. Кон М. Agile оценка и планирование проектов. М. : Альпина Паблишер, 2018. 247 с.
3. Швабер К., Сазерленд Дж. Исчерпывающее руководство по Скраму: правила игры [Электронный ресурс] // Creative Commons [https : \[сайт\]. URL: http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.ru) (дата обращения: 12.04.2020).
4. Андерсон Д. Дж., Канбан Э. К. Краткое руководство [Электронный ресурс] // LeanKanban University : [сайт]. URL: <http://leankanban.com/guide> (дата обращения: 21.05.2020).



всего проекта, так и функциональных руководителей и высшего руководства.

Основные положительные и отрицательные стороны интегрируемых методов сведены в табл. 1.

Метод может подойти для организаций, которые реализуют организационные, инфраструктурные, технологические и ИТ-проекты, проекты в области операционной эффективности, выводят на рынок новые продукты, оказывают комплексные услуги, например консалтинговые. При этом проекты необходимо реализовать в заданные сроки в условиях высокой неопределенности и изменчивости требований.

Критерии применимости метода включают продукт, требования и команду. При этом продукт и требования — основные критерии, команда — вспомогательный критерий. При выполнении основных критериев метод целесообразно применять. В случае, если выполняется дополнительный

критерий, эффект от использования метода будет максимальным.

Ограничения по применению для проектов и организаций различного размера отсутствуют. Гибридный метод опирается на известные практики в области управления проектами и Agile, обеспечивает их совместимость, описывает условия применения. Максимальный эффект может быть достигнут при их совместном использовании. Однако выбор конкретных практик — ответственность руководителя проекта или архитектора системы управления проектами.

Некоторые критерии применимости метода описаны в табл. 2.

Гибридный метод предполагает следование следующим принципам:

1. Экономическая ценность при разумных рисках. Старт и продолжение проекта должны основываться на постоянной проверке экономической ценности и рисков.

Таблица 1

Плюсы и минусы методов управления

Методы	Плюсы	Минусы
Управление проектами	Централизованный контроль. Управление сроками и рисками. Управление по отклонениям	Бюрократизация и избыточный формализм. Потеря актуальности детальных планов. Невовлеченность команды в дела проекта
Agile-методы	Высокая вовлеченность команды. Децентрализованное принятие решений. Быстрые итерации и учет обратной связи	Слабое управление сроками и рисками. Потеря контроля для сложных проектов. Низкая эффективность для временных команд и мультипроектного режима работы

Таблица 2

Критерии применимости гибридного управления

Критерий	Agile	Управление проектами	Гибридный метод
Масштаб и связи	Продукт охватывает одну предметную область, связи между элементами минимальны, синхронизация работ отдельных подразделений по срокам проста либо непринципиальна	Сложный многокомпонентный продукт, есть взаимосвязи между элементами, необходима синхронизация работ	Финальный продукт проекта состоит из нескольких элементарных продуктов. Работы зависимы друг от друга по срокам
Делимость (гибкость содержания)	Высокая делимость продукта на элементы, функции или свойства, поставляемые заказчику без радикального увеличения стоимости продукта	Низкая делимость, резкий рост стоимости либо снижение ценности продукта при делении на элементы	Деление продукта на элементы приводит к существенному росту совокупных затрат или снижению ценности для клиента
Риски, связанные с несовершенством продукта	Низкий	Средний и высокий	Неудачный запуск финального продукта крайне опасен для организации
Своевременность	Важно делать как можно быстрее, конкретные сроки могут быть желательны, но непринципиальны	Важно дать результат в нужные сроки	Достижение целевых сроков является критичным условием успеха
Доступность заказчика	Заказчик доступен для постановки требований и демонстраций	Заказчик ограниченно доступен	Заказчик ограниченно доступен, но готов участвовать в проекте



## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ: ГИБРИДНЫЙ МЕТОД КАК ИНТЕГРАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ

**М. Р. Демидов,**

*магистрант*

**А. В. Редькин,**

*доцент, канд. техн. наук*

*Тульский государственный университет, Тула*

**Аннотация.** Все больше организаций используют проектный подход в своей деятельности. Существующие методы управления направлены на решение проблем производственного, научного и социального характера. Гибридная методика сочетает в себе лучшие стороны существующих методологий. Рассматриваются принципы, идеи, практики, которые в совокупности дают максимальную эффективность в управлении проектами.

**Ключевые слова:** гибридный метод, итерация, управление проектами, Agile, гибкость, адаптация.

## PROJECT MANAGEMENT: THE HYBRID METHOD HOW TO INTEGRATION EXISTING METHODS

**Abstract.** More and more organizations use the project approach in their activities. Existing management methods are aimed at solving industrial, scientific and social problems. The hybrid methodology combines the best aspects of existing methodologies. We consider the principles, ideas, practices that together provide maximum efficiency in project management.

**Keywords:** hybrid method, iteration, project management, agile, flexibility, adaptation.

Классическое проектное управление (Prince2, PMBoK) опирается на качественное планирование, контроль и управление изменениями различных аспектов проекта [1]. Оно требует высокой квалификации и достаточного временного ресурса руководителя проекта, а также следования достаточно тяжелым процессам проектного управления со стороны руководителей и сотрудников организации. Так как такие условия в организации сложно создать, требования к процессам управления проектами часто оказываются избыточными и невыполнимыми на должном уровне качества, что приводит к замедлению принятия решений, бюрократизации без достижения ожидаемого эффекта, слабой вовлеченности и незаинтересованности членов проектных команд в итоговом результате проектов. Вместе с тем проектное управление обеспечивает высокий уровень управляемости и прозрачность хода работ, качественную работу со сроками и рисками проекта.

Методы Agile фокусируют внимание на создании ценности для клиента за счет быстрых итераций, завершающихся поставкой продукта, пригодного к использованию, вовлечение заказчика и команды проекта [2], в том числе за счет интенсивной структурированной коммуникации

(SCRUM) [3] и постоянного совершенствования процессов и организации работ (Kanban) [4].

Но при реализации проектов с большим количеством участников, команд, технологически и хронологически связанными блоками работ, требуются другие инструменты, например фреймворки масштабирования Agile (SAFe, Less и др.), которые сложны во внедрении и не гарантируют достижения требуемого результата проектов в нужные сроки. Также гибкие методы могут быть рискованными или недостаточно живучими для временных команд с переменным процентом участия исполнителей на различных этапах проекта.

Такой интеграционный подход принято называть гибридным методом.

Ключевыми задачами метода являются:

- создание ценности для организации и заказчика;
- выполнение проектов в срок;
- снижение зависимости от квалификации и загрузки руководителя проекта;
- проактивная работа с проблемами и рисками;
- обеспечение вовлеченности и ответственности за результаты как команды на протяжении

внедрение роботов в производство действительно повышает производительность. Единственная аномалия наблюдается в отношении китайского коэффициента (показатель № 14). Она является следствием того, что страна имеет слишком большой ресурс занятого населения, что порождает низкий ВВП на душу населения, который отражает реальный уровень жизни т. к. значительная часть населения Китая живет «на черте бедности» [4; 5]. При сравнении сопоставимых показатели Индии и Китая наблюдается ранее выявленная тенденция — производительность возрастает с увеличением степени автоматизации.

Для математической модели используется метод парной регрессии (парабола четвертого порядка):

$$Y = A + B \cdot X + C \cdot X^2 + D \cdot X^3 + E \cdot X^4,$$

где  $Y$  — производительность;  $A, B, C, D, E$  — случайные величины;  $X$  — количество роботов на 10 000 работающих.

Наглядные результаты анализа показаны на рис. 1.

Итоги исследования показывают, что между производительностью и количеством установленных роботов существует реальная зависимость.

#### Список литературы

1. Клокотов И. Ю. Актуальность внедрения автоматизации технологических процессов и производств на современном этапе развития нашего общества // Integral. 2019. № 1. 18 с.
2. Шолохов М. А., Ершова И. В., Бузорина Д. С., Полосков С. С. Факторы эффективности внедрения сварочных роботов в индустрии 4.0 // Сварка и диагностика. 2020. № 5. 4 с.
3. Балацкий Е. В., Екимова Н. А. Россия в мировой системе производительности труда // Мир новой экономики. 2019. № 13. 15 с.
4. Плесский Н. С. Бедность в современном Китае: основные черты и региональные различия // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. 5 с.
5. Алдошина Л. А., Ивахнушкина А. И. Проблема бедности в Китае // Вестн. совр. исследований. 2018. № 26. 3 с.

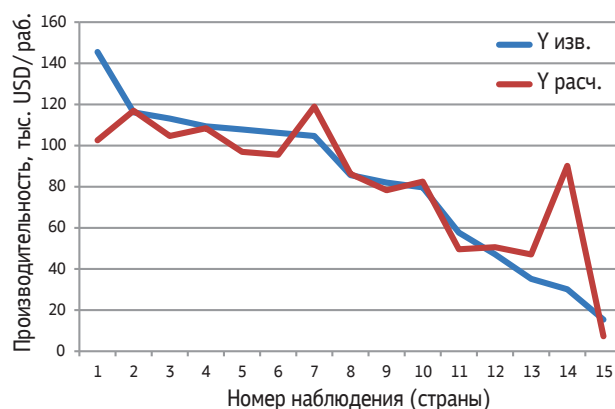


Рис. 1. График зависимости производительности и количества используемых роботов (показатель 14 — выше упомянутый Китай)

**Закключение.** В условиях постоянно меняющегося нестабильного рынка, очевиден тот факт, что автоматизация — это перспективное направление промышленности, и его нужно развивать. Компании, которые не автоматизируют процессы, в будущем рискуют оказаться в неблагоприятном конкурентном положении со своей продукцией, не оправдать ожиданий потребителя и уменьшить привлекательность фирмы для сотрудников.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

**Н. Р. Фазлутдинов,**

*магистрант*

**И. В. Ершова,**

*профессор, д-р экон. наук*

**С. Г. Баранчикова,**

*доцент, канд. экон. наук*

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Статья направлена на исследование проблемы необходимости внедрения автоматизации в производство на сегодняшний день. Цель исследования — установить существует ли взаимосвязь производительности предприятия от степени его автоматизации. В статье проведен сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта автоматизации и проведена корреляция зависимости производительности от степени автоматизации, доказано существование прямой связи между данными параметрами посредством математической модели.

**Ключевые слова:** автоматизация, производительность, роботизированное производство, промышленные роботы.

## THE EFFICIENCY OF AUTOMATION AS A FACTOR OF INCREASING PRODUCTIVITY

**Abstract.** The article is aimed at researching the problem of the need to use automation in manufacturing today. The purpose of research — to establish whether there are linkages productivity of the enterprise on the percentage of automation. The article gives a comparative analysis of domestic and foreign experience of automation and productivity conducted correlation depending on the percentage of automation, it proved the existence of a link between these parameters by using a mathematical model.

**Keywords:** automation, productivity, robotic production, industrial robots.

**Актуальность.** Применение традиционных подходов к наращиванию производственных мощностей, уменьшению брака и сокращению производственного цикла постепенно устаревает, уменьшая свое полезное действие. В условиях современной насыщенности рынков сбыта и конкуренции наиболее рациональным решением снижения себестоимости продукции и повышения прибыли предприятия является автоматизация [1].

### Практические обоснования необходимости внедрения автоматизации

Применение промышленных роботов в мире за последние годы увеличивается, и, по данным Международной Федерации робототехники, этот рост будет продолжаться [2]. Лидерами в использовании роботов являются страны Азии, а из европейских стран — Германия. Россия по использованию роботов в промышленности отстает от лидеров в разы [2]. Согласно подсчетам Всемир-

ного банка и Международного валютного фонда, за 2019 год страны с развитым роботизированным производством находятся на лидирующих позициях по ВВП (ППС). В то время как количество населения оставалось примерно на одном уровне, рост ВВП данных стран был значительным, что указывает на факт: один человек стал производить больше продукции, т. е. произошло повышение производительности.

### Методика оценки влияния автоматизации на производительность

Расчет производительности проводился по методологии Международной организации труда (МОТ). В соответствии с ней ЛП (Labour productivity, LP) представляет собой количество продукции, произведенное за определенный период времени, в расчете на одного работника [3]. Итогом математических вычислений стали показатели для математической модели, показывающие, что

Необходима структурная перестройка: большую часть производимой продукции российского машиностроения сохраняет оборонное значение и на длительном промежутке времени, в связи с этим обостряется необходимость обоснованного перепрофилирования отраслей; сохраняет-

ся необходимость в сокращении диспропорций между темпами роста отдельных отраслей машиностроения; необходимость вывода темпов опережающего роста таких отраслей, как приборостроение, электротехническая и электронная промышленность.

#### **Список литературы**

1. *Фадеев А. С.* Виды производства и организационные формы работы предприятий машиностроительного комплекса РФ : сб. ст. Международ. науч.-практ. конф., 2016. С. 226–233.

Существует много способов развития или условий для развития машиностроения в целом. Самое простое, конечно же, создать условия для обучения кадров. Самое сложное — построить выгодную экономическую систему для получения прибыли для обеих сторон рыночных отношений.

Во многих странах очень много машиностроительных комплексов, которые не только не приносят прибыли, но еще и приносят убытки. Для успешной продажи продукции важны несколько факторов: качество, спрос на рынке, выгодность создания и последующей продажи. Так как для выпуска качественной продукции нужны дорогостоящие станки, приборы, многим не удается добиться нужного уровня качества. Но в то же время, так как рыночными отношениями регулируют материальные средства, все желают сделать что-либо подешевле и продать подороже. Ведь зачем изменять то, что и так продается и имеет спрос.

Для развития отрасли в этом случае нужно убрать спрос из уравнения, и не будет выпуска старой продукции — всегда можно найти новые решения вопросов, и, так как технический прогресс не стоит на месте, КПД продукции будет выше, тем самым вызовет спрос на данную продукцию. В частности, в России около 40 % машиностроительных предприятий связаны с военно-промышленным комплексом, ведь выпускаемая гражданская продукция неконкурентоспособна с иностранной. За ту же сумму жители могут получить продукцию, которая лучше, надежнее и именитее. Имеет влияние и тот фактор, что у нашей продукции был большой процент брака, что оставляет не лучшее мнение о данной продукции.

Но время идет, заводы приобретают новое оборудование, стандарты качества растут, но технологии остаются теми же, от этого у людей возникает новый вопрос: зачем им то же самое, что было в прошлом, только качественнее, если иностранные предприятия делают новую продукцию или же делали некоторое количество времени назад, которая бывает в разы лучше, чем наша новая? Именно для этого нужны новые разработки во всех отраслях промышленности, так как они являются смежными между собой. Для разработки технологий нужны средства, нужны люди с новым, современным видением вещей, так как в XXI веке технологический прогресс не остановить. Каждый день создают что-либо новое.

Во многих учебных заведениях нашей страны обучают не новой технике, а старой, из-за этого новые кадры не получают должный уровень

технического образования, так как он устарел. Обязательно нужно поднимать уровень образования на современный, а лучше — со взглядом на будущее. Нужно показывать новые технологии, как они устроены, какие преимущества, за счет чего это все достигается.

Для реализации стратегии, ориентированной на высокотехнологическое развитие, необходимо привлекать научные кадры, создавать такие социально-экономические условия, при которых у человека формируются взгляды о перспективах развития в данной среде. Если привести в пример студента вуза, то в первую очередь необходимо оценить его перспективы как научного сотрудника, это могли бы быть рекомендации от преподавателей, благодарственные письма за вклад в развитие научных траектории и так далее. Если приводить в пример сугубо экономическую выгоду (затраты меньше, реализация дороже), то это неизбежно ставит противоречие между способами существования людей на земле (одни создают — другие потребляют, вариативность заключается по мере удаления большинства в сторону потребления).

Поэтому факторами размещения машиностроительных комплексов являются наукоемкость (связывается с научными исследованиями, которые требуют серьезных усилий), металлоемкость (расходуемый объем металлических заготовок для производства продукции), трудоемкость (затраты трудовых ресурсов для получения продукции).

Основными проблемными местами для машиностроения можно выделить:

- огромную нехватку финансовых ресурсов;
- утрата стоимости за счет непрофильного использования затрат на производство, которое приобретает безвозвратный характер государственного оборонного заказа.
- происходит рост накопленной задолженности заказывающих министерств годовых размеров финансирования предприятий, ослабление кадрового потенциала и т. д.

Среди слабых мест в настоящий момент можно выделить ряд проблем, которые можно сгруппировать в зависимости от их характера: проблемы, связанные с развитием машиностроительного комплекса: низкий уровень поддержания всех отраслей, относимых к комплексу, в некоторых случаях и полная остановка производства; нарушение технологических связей; простои многих предприятий независимо от доли влияния на экономические показатели; низкие темпы обновления оборудования и выпускаемой продукции.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

**И. П. Фесун,**

*подполковник, начальник учебной части ВУЦ*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** В статье отражена отраслевая структура машиностроительного комплекса, выявляются основные проблемы и направления развития.

**Ключевые слова:** машиностроение, перспективы развития, машиностроительное предприятие.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE MACHINE-BUILDING COMPLEX

**Abstract.** The article reflects the industry structure of the machine-building complex, identifies the main problems and directions of development.

**Keywords:** mechanical engineering, development prospects, machine-building enterprise.

Машиностроение во всем мире признано ведущей отраслью производства. Уровень развития машиностроительного комплекса определяет состояние производственного потенциала государства, обеспечивает устойчивое функционирование ведущих отраслей экономики, а также наполнение потребительского рынка. От показателей развития машиностроения зависят важнейшие удельные показатели валового внутреннего продукта страны, производительность труда в отраслях народного хозяйства, уровень экологической безопасности промышленного производства и, конечно же, обороноспособность государства.

Рынок машиностроительных комплексов в России очень велик. Ассортимент настолько высокий, что не только обуславливает глубокую специализированность его отраслей, но и определяет месторасположение каждого [1]. При этом даже при одной специфике выпускаемой продукции размеры, состав, технологические процессы, форма общественной организации производства на предприятиях таких отраслей сильно отличаются. В общем и целом машиностроение относится к отраслям «свободного размещения», так как оно в меньшей степени, чем любая другая отрасль промышленности, испытывает влияние таких факторов, как природная среда, наличие ресурсов полезных ископаемых, воды и т. д., но на размещение предприятий имеет сильное воздействие ряд экономических факторов, например концентрация производства, его специализация, кооперация,

трудоемкость отдельных видов продукции, удобство транспортно-экономических связей.

Машиностроение вместе с производством металлических изделий, металлических конструкций и ремонтом машин и оборудования входит в состав более крупной комплексной отрасли промышленности — машиностроение и металлообработка. Выпуск продукции машиностроения в общем выпуске этой отрасли составляет около 80 %. Отрасли машиностроения объединены в единый машиностроительный комплекс, который включает в себя более 100 специализированных отраслей, подотраслей и производств. К комплексным отраслям относятся:

- тяжелое машиностроение;
- транспортное машиностроение;
- энергетическое машиностроение;
- электротехническая промышленность;
- химическое машиностроение;
- нефтяное машиностроение;
- станкостроительная промышленность;
- инструментальная промышленность;
- приборостроение;
- сельскохозяйственное машиностроение;
- автомобильная промышленность;
- машиностроение для легкой и пищевой промышленности;
- авиационная промышленность;
- судостроительная промышленность;
- прочие отрасли машиностроения [1].



Наиболее часто КЖЦ заключались в Московском регионе (110), на втором месте — Рязанская область (16). Предметы заключения КЖЦ: медицинское оборудование 40,1 % (59); авиационная техника — 34,7 % (51); автодороги — 10,9 % (16); освещение — 8,8 % (13); локомотивы 3,4 % (5); другое — 2,1 % (3) (рис. 2).

Также было проанализировано количество заключаемых КЖЦ от общего числа закупок (рис. 3).

Наибольшая сумма контрактов оказалась в 2018 г. Это объясняется наличием в этом году самого дорогого контракта РЖД из всей выборки. Основными сферами деятельности за данный период является медицинское и авиационное оборудование. В показанной динамике заключения КЖЦ за период 2018–2020 гг., выявлен резкий упадок в 2019-м. Очень низкий процент заключения КЖЦ от общего числа закупок свидетельствует о все еще низкой популярности данного вида государственно-частного партнерства.

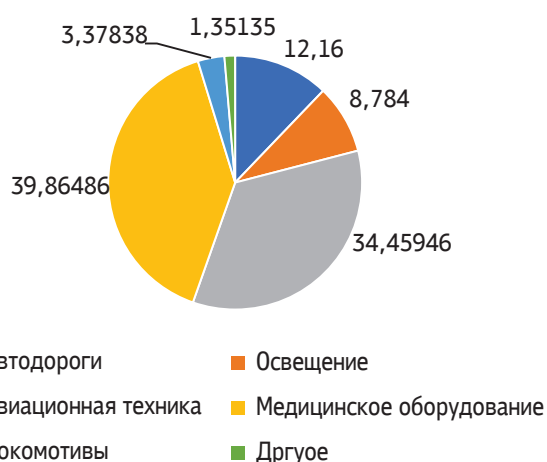


Рис. 2. Анализ сфер деятельности в рамках КЖЦ

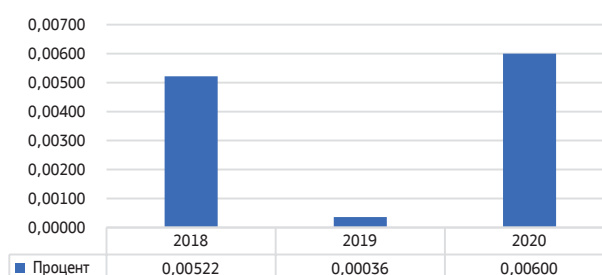


Рис. 3. Процент КЖЦ от общего числа закупок 2018–2020 гг.

#### Список литературы

1. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федер. закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ (ред. от 31.07.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2020). URL: <http://www.pravo.gov.ru>.
2. Сайт ЕИС. URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html>.
3. Агрегатор Тендерплан. URL: <https://tenderplan.ru/app>
4. Агрегатор Контур.Закупки. URL: <https://zakupki.kontur.ru/Grid/Templates>.

## КОНТРАКТЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В РОССИИ: ОБЗОР ИТОГОВ ЗА 2018–2020 гг.

**А. Ю. Коньков,**

магистрант

**М. А. Прилуцкая,**

канд. экон. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** В статье рассмотрено понятие контракта жизненного цикла, его основные преимущества и недостатки. Проанализирован отечественный опыт данного вида государственно-частного партнерства и рассчитаны показатели заключения КЖЦ в 2018–2020 гг., сделаны выводы на основе выборки.

**Ключевые слова:** контракт жизненного цикла, жизненный цикл, государственно-частное партнерство, показатели контракта жизненного цикла.

## LIFE CYCLE CONTRACTS IN RUSSIA: OVERVIEW OF RESULTS FOR 2018–2020

**Abstract.** The article discusses the concept of a life cycle contract, its main advantages and disadvantages. The domestic experience of this type of public-private partnership is analyzed and indicators of the conclusion of life cycle in 2018–2020 are calculated, conclusions are drawn based on the sample.

**Keywords:** life cycle contract, life cycle, public-private partnership, life cycle contract indicators.

Контракт жизненного цикла (далее КЖЦ) в России получил нормативное регулирование в 2014 г. благодаря № 44-ФЗ [1]. КЖЦ — контракт на приобретение товара или работы, его дальнейшее обслуживание, ремонт, эксплуатацию, уничтожение товара (объекта). Основные этапы в КЖЦ, следующие: проектирование, исполнение (изготовление, строительство), последующее обслуживание и утилизация. Несмотря на свои очевидные преимущества, такие как общая ответственность за результат между проектировщиками, строителями, плановиками; минимизация рисков задержки срока реализации проекта; экономия заказчика на необходимости содержать собственные кадры, управляющие проектом, и необходимости проводить конкурентные процедуры на каждом этапе реализации проекта, у КЖЦ есть и свои недостатки, а именно: риск расторжения контракта при наличии ошибок на стадии расчета и подготовки договора жизненного цикла как со стороны заказчика, так и со стороны подрядчика. Жизненный цикл достаточно длителен, и у каждого конкретного заказчика существуют трудности с расчетом реальной стоимости реализации проекта, что в конечном итоге приведет к излишнему

расходу бюджетных средств либо недополучению части прибыли исполнителем контракта.

Проведен анализ заключенных контрактов в период 2018–2020 гг. в Единой информационной системе в сфере закупок [2] с помощью агрегаторов Тендерплан [3] и Контур.закупки [4]. В выборке представлены КЖЦ с начальной стоимостью от 1 млн. Общее количество выборки составило 146 контрактов, среди которых 76 приходится на 2020 г., 65 — на 2019-й и 5 — на 2018-й. Сумма начальной цены контрактов в период 2018–2020 гг. представлена на рис. 1.

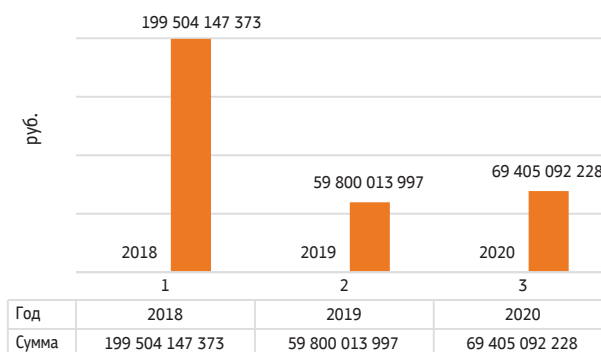


Рис. 1. Сумма контрактов ЖЦ 2018–2020 гг.

### Список литературы

1. Ефимычев Ю. И., Трофимов О. В., Усманов М. М. Повышение эффективности производства на основе внедрения системы Tool Management (на примере ОАО «ГАЗ») // Организатор производства. 2006. № 2. С. 23–28.
2. Егоров С. В. Tool Management — аутсорсинг инструментального обеспечения // Евразийский союз ученых. 2015. № 10. С. 65–70.
3. Хмельницкая З. Б., Никифорова Ю. Б. Использование логистических методов в процессе модернизации системы инструментообеспечения промышленных предприятий // Изв. УрГЭУ. 2012. № 6. С. 135–138.

1. Сроки поставки. Так как данные подходы подразумевают работу по системе just-in-time [3], то весь инструмент будет точно в срок. Из этого же следует, что снизится простой оборудования, что повысит производительность подразделения. Снизится применение инструмента-аналога.

2. Круглосуточная работа. Выдача инструмента с автоматизированного инструментального склада не ограничена часами работы.

3. Учет расхода инструмента. Программное обеспечение автоматизированного склада позволяет вести учет выданного инструмента по параметрам: обозначение, ДСЕ, операция, переход.

4. Своевременное пополнение склада. Этот пункт складывается из норм расхода инструмента на ДСЕ в производстве и критического значения запасов в автоматизированном складе.

5. Проверка поставщиков. Применение системы ТМ позволяет уйти от постоянных проверок поставщиков по экономической безопасности при закупе инструментальной оснастки, так как он остается один.

Применяя систему ТМ, мы в первую очередь говорим о ее преимуществах. Но, к сожалению, есть и недостатки.

Стоимость. Применение автоматизированного склада само по себе дорого. Если дополнительно добавить разработку программного обеспечения для более автоматизированного взаимодействия, то стоимость возрастет еще значительно. С другой стороны, это позволяет снизить затраты на обеспечение кладовщиц, инженеров БИХ, плюс избежать проблем, связанных с простым оборудования.

Сокращение количества рабочих мест. С использованием предложенной схемы автоматизации под сокращение пойдут не только кладовщицы, но и большая часть инженеров БИХ. Однако в рамках Индустрии 4.0 сокращение количества рабочих мест неизбежно.

3. Менталитет. Отнесем к недостаткам применения данных систем в странах бывшего Советского Союза нежелание привыкать к чему-то

новому. Большая часть рабочего персонала, тем более опытные работники, воспитанники светской системы, будут сопротивляться изменениям.

Таким образом, конечная схема преимуществ и недостатков системы ТМ представлена на рис. 1.



Рис. 1. Преимущества и недостатки применения системы ТМ

Кроме классических характеристик типа производства, добавим параметр «Склонность к планированию» и сведем в табл. 1.

В рамках единичного производства какое-либо планирование затруднено, заказы появляются, исчезают и сменяют друг друга с большой частотой. Применение систем ТМ в таких условиях считаю фактически невозможным.

В условиях массового производства с большой долей уверенности можно сказать, что и в каком количестве будет изготавливаться в долгосрочном периоде. В таких условиях использование системы ТМ теряет все свои плюсы. В условиях же серийного производства планирование затруднено, но не так как в единичном производстве. Здесь могут быть максимально использованы все преимущества системы ТМ.

Из всего вышеизложенного следует, что наиболее актуальным можно считать применение систем ТМ именно в серийном производстве.

Таблица 1

Применяемость системы ТМ по типам производства

Характеристика	Тип производства		
	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура	Широкая	Ограниченная	Узкая
Объем выпуска	Малый	Сравнительно большой	Большой
Склонность к планированию	Планирование невозможно	Планирование затруднено	Планирование облегчено
Применение системы ТМ	Фактически не применимо	Рекомендуется	Не целесообразно

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

С. В. Шабров,

магистрант

Н. Е. Калинина,

доцент, канд. экон. наук

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** Во время инструментального обеспечения часто мы сталкиваемся с двумя возможными проблемными ситуациями: отсутствием необходимого инструмента либо запасы невостребованных позиций на складе. В рамках Индустрии 4.0 возможно использование современных подходов к инструментальному обеспечению механообрабатывающих цехов.

**Ключевые слова:** инструментальное обеспечение, автоматизированные системы, эффективность производства.

## THE USE OF AUTOMATED TOOL SUPPORT SYSTEMS FOR ENGINEERING PRODUCTIONS AS A FACTOR IN IMPROVING PRODUCTION EFFICIENCY

**Abstract.** Due to the incorrectly built business process of tool support, we often face two possible problem situations: the lack of the necessary tool, or the inventory of unclaimed items in the warehouse. Within the framework of Industry 4.0, it is possible to use modern approaches to the tool supply of machining shops.

**Keywords:** tool support, automated systems, production efficiency, Tool Management.

Инструментальное обеспечение является одной из основных статей расходов для механообрабатывающего производства. Из этого можно сделать вывод, что эффективность процесса закупки технологической оснастки будет в значительной степени влиять на эффективность производства в целом [1].

Рассмотрим основные проблемы, возникающие в ходе классического подхода к закупке.

1. Срок поставки. С учетом логистических особенностей поставщиков в РФ срок доставки импортных позиций составляет 6–8 недель. Добавим к этому многоступенчатость в прохождении заявки на приобретение инструмента на большинстве предприятий и получим большие временные задержки.

2. Своевременное наличие инструмента на складе. Потребность в повторной закупке оснастки определяет цеховой технолог. Далее происходит составление заявки на закупку инструмента и начинается классический процесс.

3. Простой оборудования. В случае отсутствия определенной позиции на складе БИХ существует вероятность простаивания оборудования либо используется аналогичный инструмент.

4. Дефицит инструмента. Инструмент-аналог, используемый взамен отсутствующей номенкла-

туры, подразумевался к использованию при производстве другой ДСЕ. Таким образом, процесс использования аналогов ведет к такой цепочке, когда мы всегда существуем в условиях дефицита инструмента.

5. Своевременная выдача инструмента. Производственные цеха машиностроительных предприятий работают в 2–3 смены. Однако выдача инструмента со склада БИХ доступна для них только в первую смену.

Перечисленные проблемы могут повлечь за собой задержки в производстве продукции предприятия, увеличение сверхнормативного объема незавершенного производства и срывы поставок готовой продукции.

Примером процесса обеспечения в рамках Индустрии 4.0 можно считать автоматические складские системы, используемые в рамках системы Tool Management (далее ТМ) [2].

Система ТМ представлена в двух вариантах, назовем их «система монопроизводителя» и «система аутсорсинга».

Разберем преимущества применения системы ТМ в сравнении с классической системой закупки инструмента:

мог во время перерыва все еще обдумывать пути решения поставленных задач, посовещаться с коллегами и прийти к нужным результатам. Инженеру-конструктору во время работы над одним проектом приходилось в срочном порядке менять вид деятельности, что также вызывало сложности при нормировании.

По совершенствованию нормирования труда даны следующие рекомендации:

— обеспечить библиотечный фонд организаций новой, современной нормативно-методической литературой, справочниками;

— использовать проведение курсов и семинаров по вопросам нормирования труда, углублен-

ное изучение деятельности нормируемых сотрудников для понимания специфики их работ, опрос слушателей для выявления актуальных проблем, путей и методов их решения.

Результаты данного исследования показывают актуальность проблемы научно-исследовательского и опытно-конструкторского труда, а также возможные на данный момент решения. Все это позволяет в будущем создать достаточно обоснованную методику расчета трудовых затрат сотрудников отечественных организаций машиностроительного комплекса.

### Список литературы

1. Керемецкая Е. Р., Самохвалова С. М. Проблемы нормирования конструкторского труда при разработке электронного макета космического аппарата // Актуал. проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 2, № 12. С. 792–793.
2. Васина О. В., Котова П. К., Третьякова В. А. Методы нормирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ // Экон. науки. 2020. № 1 (40). С. 331–343.
3. Черноиванова А. И. Особенности определения трудоемкости при нормировании творческого и инновационного труда // Научн. вестн. Одес. нац. экон. ун-та. 2016. № 3 (235). С. 160–174.
4. Давыдовский Ф. Н., Величко Е. А. Метод вычисления трудового вклада инженеров-конструкторов с использованием коэффициентов сложности трудовых действий. // Науч. обозрение. Экон. науки. 2017. № 5. С. 14–18.
5. Набиуллин А. А. Анализ состояния теории и практики нормирования труда инженерно-технических работников // Управление экономический анализ. Финансы : сб. науч. трудов ; под общ. ред. И. Р. Коцегуловой. 2017. С. 158–162.
6. Боташев Р. А., Токова Ф. А. Особенности управления и нормирования опытно-конструкторских работ // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2016. № 11. С. 4–9.
7. Боташев Р. А. Система и инструменты нормирования творческого труда в научно-исследовательских и проектных организациях // Современная экономика: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. XIV Международ. науч.-практ. конф. 2018. С. 205–210.



## ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРОВ-КОНСТРУКТОРОВ

**А. А. Блажун,**

студент

**О. О. Подоляк,**

доцент

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема нормирования труда инженеров-конструкторов. В данной работе рассмотрены проблемы нормирования творческого труда и существующие наработки их решений.

**Ключевые слова:** проблема нормирования труда, нормирование инженеров-конструкторов, инновационный труд.

## THE PROBLEM OF REGULATION OF ENGINEERS

**Abstract.** The article deals with the problem of rationing the work of design engineers. In this paper, the problems of rationing creative work and existing developments of their solutions are considered.

**Keywords:** the problem of labor rationing, rationing of design engineers, innovative labor.

На сегодняшний момент перед отечественными организациями машиностроительного комплекса поставлена задача по развитию инновационной деятельности, следовательно, повышению эффективности производства и конкурентоспособностью предприятий. Актуальность проблемы заключается в том, что в инновационной продукции базовым элементом в структуре затрат на ее создание и реализацию является трудоемкость и ее обоснование. Сложность трудоемкости при нормировании труда заключается в особенности инновационного труда. Цель исследования — доказать существование проблем нормирования научно-исследовательского и опытно-конструкторского труда и привести существующие пути ее решения. Для достижения цели были решены задачи:

- проведен анализ исследований и публикаций, посвященных данной проблематике, не старше 5 лет;
- выделена общая проблема;
- найдены наработки по решению проблем.

Проблему нормирования инновационной деятельности поднимали авторы многих научных работ. В своей работе Е. Р. Керемецкая пишет: «На сегодняшний день ни в нашей стране, ни в мире в целом не существует единого подхода к вопросу нормирования труда инженерных работников» [1]. Другие авторы утверждают, что методы нормирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) сложно установить общепринятыми средствами экономики, эргономики и психофизиологии из-за особенностей

инновационного труда [2–4]. Сложность также заключается в описании, размытой регламентации должностей и характере трудовой деятельности, которая не поддается непосредственному нормированию. Далее приведены возможные решения данной проблемы.

Описано два основных метода нормирования труда, основанные на изучении затрат рабочего времени и на статистическом анализе численности работников, где возможны введения поправочного коэффициента, полученные эмпирически [5]. На сегодняшний день характеризуют для НИОКР такие методы, как экспертный, аналитический-расчетный и опытно-статистический.

Предлагается алгоритм решения задач нормирования творческого труда, методика, обеспечивающая коррекцию норм с использованием ряда коэффициентов, а дополняет использованием различных способов самонаблюдения для создания эффективной системы нормирования [6; 7].

В течение двух недель была выполнена работа по нормированию труда инженера-конструктора в конструкторском бюро. Моим основным методом изучения затрат рабочего времени являлась индивидуальная фотография рабочего времени путем непосредственных замеров в наблюдательном листе, где записываются все действия и перерывы исполнителя в том порядке, в котором они фактически происходят и на основе полученных данных составить баланс рабочего времени.

Творческий труд очень неоднородный, многозадачный, поэтому одной из проблем было отделить один вид работы от другого. Сотрудник

Суть программы лимитного отпуска материалов и ПКИ на базе электронного склада:

- отдел снабжения при рассмотрении поступивших от цехов требований проверяет наличие на складе (с учетом замен) и подтверждает требование, а также вписывает обоснование замены;

- отдел по материально-техническому обеспечению сверяет содержание требования с нормативной базой, проверяет количество и обоснование. Требование считается одобренным после

подтверждения отделом по материально-техническому обеспечению;

- после полного перехода на программу лимитного отпуска материалов и ПКИ как таковое списание исчезнет, это будет происходить автоматически после одобрения требования отделом по материально-техническому обеспечению, затраты будут сразу относиться на заказ.

На данный момент программа апробируется на предприятии, определенные заказы уже сейчас списываются через предложенную программу.

«чего-то подобного» — под этим понимается совпадение толщины и марки материала без учета раскроя, групп и категорий. Если же номенклатура норматива совпадает, списание происходит автоматически. Если же ВЗМ — это официальный подписанный документ у конструкторов, то списание «чего-то подобного» — это вынужденный шаг, т. к. если инженер не будет списывать, то затраты на заказ не будут относиться, это все будет находиться в подвешенном состоянии.

Проведем анализ по списанию номенклатурного норматива на примере цеха № 42 за период от 01.12.2019–01.05.2020. Ниже представлена диаграмма среднего процента подсчитанного на основе списания за год (рис. 1).



Рис. 1. Средний процент за год по списанию материала в цехе 42

На диаграмме отлично видно проблемную зону: количество списанных позиций по необходимости и количество не списанных позиций составляет 61,86 % — больше половины. Списание по необходимости — это вынужденная мера, т. к. нужно относить затраты на заказы. Количество не списанных позиций также занимает большую долю, это связано с тем, что в оборотной ведомости нет подходящего материала, возможно, не оформили вовремя документы на получение материала, в свою очередь это все затрагивает проблему снабжения. Инженеры по снабжению привозят или приносят не то, что нужно, а отсюда следует, что конструкторы, разрабатывая чертеж детали, не задумываются об отсутствии того или иного материала на рынке и не кооперируются с инженерами по снабжению, задавая вопрос: «А возможно ли это приобрести?» А те покупают то, что можно найти на рынке материалов

или как раз таки «что-то подобное». Норматив, в свою очередь, не обновляется быстро, т. к. это все рассматривается на детальном уровне.

Позже возникают проблемы с заказчиком, т. к., рассматривая отнесение затрат, они видят списание материалов не по номенклатурному нормативу, которое должно происходить в соответствии с ФЗ № 275, а другое, и, естественно, у них возникает вопрос: «А на каком основании списана, другая позиция?» Если это списано по ведомости замены материалов, то этот документ принимается, а «что-то подобное» нет.

Из анализа выше можно выделить основные проблемы:

- списание материалов происходит не по нормативу;
- отдел снабжения привозит не то, что заложено в нормах;
- нормативы обновляют долго и не всегда верно;
- между конструкторами, отделом снабжения и бюро нормативов нет взаимосвязи.

На ПАО «МЗИК» работает примерно 6500 тыс. человек, предприятие ведет свою историю с 1886 года. Это огромная машина, которая движется в сторону прогресса достаточно тяжело. Предприятие развивается, но не так быстро, как хотелось бы. Изменения происходят со временем, поэтому сразу все проблемы решить достаточно сложно. Решением данных проблем на первом этапе является программа лимитного отпуска материалов и ПКИ на базе электронного склада.

В данной работе предлагается решение проблем. Это принципы лимитного отпуска материалов и ПКИ непосредственно на заказы, а не на цеховую кладовую. Сегодня в заготовительных цехах существует практика, по которой материал завозится в цех по недооформленному требованию, где проставляется выданный в цех вес, а затем отрезается кусок нужного ему веса, остаток возвращается на склад, и окончательное требование оформляется по фактически выданному весу.

Назрела необходимость изменения формы требования, где, кроме номенклатурного номера и наименования материала, должны проставляться номенклатура и наименование нормативного материала с обоснованием замены, с проставлением заказа, а не как раньше — указание единого заказа цеховой кладовой. Новая форма многозаказного требования предусматривает возможность цеху создавать одно требование сразу на несколько заказов, с учетом отнесения излишка на цеховую кладовую.

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К УЧЕТУ РЕСУРСОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

**П. А. Бисерова,**

*студент*

**О. О. Подоляк,**

*доцент, канд. техн. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Внедрение программы лимитного отпуска материалов и ПКИ на предприятии обусловлено изменением процесса организации, а также отнесением затрат на заказы. А это связано с ФЗ № 275, осуществляющим контроль за соблюдением порядка ценообразования на продукцию, поставляемую по ГОЗ. Благодаря изменению данного процесса образуются резервы организации производства. А резервы, в свою очередь, это неиспользуемые возможности совершенствования деятельности предприятия. И повышение на этой основе эффективности его производства за счет сокращения потерь, развития внутренней и внешней организационно-технологической среды, а также за счет изменения внешних условий функционирования предприятия.

**Ключевые слова:** процесс организации, затраты, резервы, потери.

## RESOURCES ACCOUNTING INNOVATIVE APPROACH FOR MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

**Abstract.** The materials limited release program introduction at the enterprise is due to changes in the costs allocation organizing process. This, in turn, is related to Federal law No. 275, which monitors compliance with the pricing procedure for products supplied under the state budget. Due to the change in this process, reserves are formed for the production organization. And reserves — in turn, are unused opportunities for improving the company's activities. And increase on this basis the efficiency of its production by reducing losses, developing the internal and external organizational and technological environment, as well as by changing the external conditions of the enterprise.

**Keywords:** organization process, costs, reserves, losses.

Списание материалов в производстве — это отнесение стоимости товарно-материальных ценностей, материально-производственных запасов в расходы предприятия, чаще всего связанные с производством готовой продукции. Любое списание материалов в производство должно сопровождаться формированием, оформлением пакета первичной бухгалтерской документации.

Статья калькуляции «Материальные затраты» отражает величину затрат на приобретение материальных ресурсов (за вычетом стоимости возвратных отходов), относящихся на себестоимость продукции в качестве прямых затрат, исходя из норм и нормативов расхода материальных ресурсов и цен их приобретения, включая наценки (надбавки) и комиссионные вознаграждения. В указанную статью затрат включаются следующие подстатьи затрат: «приобретение сырья, материалов и вспомогательных материалов», включающая затраты на приобретение сырья и основных

материалов, входящих в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являющихся необходимыми компонентами при ее производстве, а также вспомогательных материалов, включающих материалы, используемые при производстве продукции на технологические цели и являющихся необходимым компонентом в процессе производства.

На ПАО «МЗИК» списанием материалов занимается отдел материально-технического обеспечения, на базе программы «Новое списание», разработанной отделом информационных технологий.

Работа в программе выглядит таким образом: в правой стороне программы отображается товарная ведомость (потребность цеха в списании материалов по нормативу), а в левой стороне — оборотная ведомость (материал в наличии в цеховой кладовой). Инженер по списанию вручную выбирает материал для списания, исходя из ведомости замены материалов (далее ВЗМ) или же списанию

Таблица 1

## Фотография рабочего времени токаря 1 разряда

Индекс	Затраты рабочего времени	Повторяемость	Общая продолжительность, мин	В том числе перекрываемое машинным временем	Средняя продолжительность, мин
ПЗ-1	Получение задания и технической документации	1	5,0	—	5,0
ПЗ-2	Получение заготовок	1	9,0	—	9,0
ПЗ-3	Получение инструмента	1	3,0	—	3,0
ПЗ-4	Инструктаж мастера	1	4,0	—	4,0
ПЗ-5	Наладка станка	1	13,0	—	13,0
ПЗ-6	Сдача деталей ОТК	1	8,0	—	8,0
ОП	Обработка деталей	35	364	—	10,4
ПОН-1	Смазка станка	1	6,0	—	6,0
ПОН-2	Уборка рабочего места в конце смены	1	5,0	—	5,0
ПОН-3	Смена инструмента	3	12,0	—	4,0
ПОН-4	Сметание стружки	1	7,0	—	7,0
ПОН-5	Простои из-за отсутствия инструмента	1	4,0	—	4,0
ПОН-6	Ремонт станка	1	19,0	—	19,0
ОЛН	Уход по личным нуждам	1	4,0	—	4,0
НТД-1	Преждевременное окончание работы	2	12,0	—	6
НТД-2	Посторонние разговоры	1	5,0	—	5,0
$T_{\text{см}}$	Итого:		480,0		

Примечание: ПЗ — подготовительная работа, мин; ОП — оперативная работа, мин; НТД — нарушение трудовой дисциплины, мин; ОЛН — отдых и личные надобности, мин; ПОН — перерывы из-за отсутствия нагрузки (непредвиденные потери времени), мин;  $T_{\text{см}}$  — суммарная продолжительность рабочего дня, мин

Таблица 2

## Затраты рабочего времени

Затраты рабочего времени, мин	Сумма затрат	Общая продолжительность, мин
$T_{\text{ПЗ}}$	$5 + 9 + 3 + 4 + 13 + 8$	42
$T_{\text{ОП}}$	—	364
$T_{\text{ОЛН}}$	—	4
$T_{\text{НТД}}$	$12 + 5$	17
$T_{\text{ПОН}}$	$6 + 5 + 12 + 7 + 4 + 19$	53

Таблица 3

## Результаты показателей затрат рабочего времени

Показатель	Результат	Ед. измерения
$K_{\text{исп}}$	96,40	%
$T_{\text{опн}}$	387,39	мин
$P_{\text{пт}}$	6,42	%

## Список литературы

1. Суханова А. В. Методы нормирования труда в современных условиях // Экономика и предпринимательство. 2017. № (8–3) (85). С. 500–503.
2. Клементовичус Я. Я., Бесчасный А. А. Нормирование труда : учеб. пособие. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2019. 233 с.
3. Ануфриева И. Ю. Регламентация и нормирование труда : учеб. пособие. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2014. 41 с.

## НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

Д. В. Сигинова,

магистр

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению конкретного инструмента для анализа и оценки трудовых процессов и затрат рабочего времени сотрудников производственных и обслуживающих организаций любых отраслей.

**Ключевые слова:** фотография рабочего времени; нормирование труда.

### LABOR RATING AS A FACTOR OF INCREASING LABOR PRODUCTIVITY

**Abstract.** The article is devoted to the study of a special tool for the analysis and assessment of work processes.

**Keywords:** photography of working hours; rationing of labor.

Вопросам постоянного усовершенствования организации и нормирования труда в экономически развитых странах придается очень большое значение. Необходимость нормирования труда вызвана потребностью постоянного выявления и реализации резервов снижения затрат на производство продукции [1, с. 500–501]. Одним из факторов роста производительности труда является нормирование труда, что рассматривает в своих работах Клементовичус Я. Я. [2].

Для того чтобы выявить нерациональное использование рабочего времени, на предприятиях применяется метод фотографии рабочего времени. Фотография рабочего времени (ФРВ) — это наблюдение и измерение всех без исключения затрат рабочего времени на протяжении одной или нескольких смен [3].

В представленной работе предпринята попытка использовать данный инструмент для выявления резервов производительности труда в механическом участке металлургического предприятия. Предметом исследования являются проблемы в организации нормирования труда. Цель — выявление резервов производительности труда. В качестве объекта наблюдения выбран участок механической обработки изделий. Для выявления резервов производительности труда необходимо составить ФРВ, представим ее в виде табл. 1. Фотография составлялась в течение 1 рабочей смены.

В табл. 2 представлены суммарные затраты рабочего времени в соответствии с графой 4 ФРВ.

Проанализируем, насколько эффективно используется рабочее время. Для этого используем

формулу фактического коэффициента использования рабочего времени  $K_{исп}$ :

$$K_{исп} = \frac{T_{пз} + T_{оп} + T_{олн} + T_{пон}}{T_{см}} \cdot 100 \%. \quad (1)$$

Нормальный баланс рабочего времени  $T_{онн}$ :

$$T_{онн} = \frac{T_{см} - T_{пз}^H}{1 + \frac{H_{об} + H_{олн}}{100}}, \quad (2)$$

где  $H_{обс}$  и  $H_{олн}$  — для нормальных условий труда следует принимать значения:  $H_{обс} = 6 \%$ ;  $H_{олн} = 5 \%$ ;  $T_{пз}^H$  — нормативное значение времени на подготовительно-заключительные работы (не более 50 мин).

Максимально возможное повышение производительности труда при устранении всех затрат и потерь  $\Pi_{пт}$ :

$$\Pi_{пт} = \frac{T_{онн} - T_{оп}}{T_{оп}} \cdot 100. \quad (3)$$

Полученные результаты показателей представлены в виде табл. 3.

Анализ полученных расчетных величин показывает, что рабочее время сотрудником используется на 96,4 % возможно повышение производительности труда на 6,42 % за счет устранения потерь, зависящих от работника. Это позволит обоснованно регламентировать выполнение работ и более рационально использовать имеющиеся ресурсы.



выполнения третьего типа задач. В дальнейшем предлагаемый подход следует распространить для других типов задач, выполняемых в рассматриваемом

аналитическом отделе. Это позволит обоснованно регламентировать выполнение работ и более рационально использовать имеющиеся ресурсы.

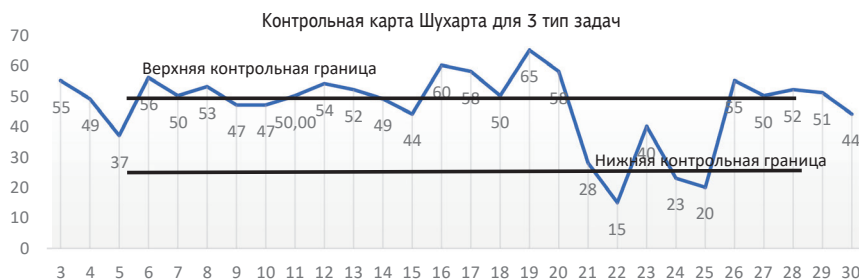


Рис. 1. Контрольная карта Шухарта

Таблица 1

Фактическое количество отработанных задач каждым сотрудником в течение рабочей смены

Сотрудник (порядковый номер)	Задачи первого типа									
2	22	23	20	21	21	33	27	29	21	28
18	—	—	—	16	16	12	—	15	21	19
Задачи второго типа										
15	30	32	22	26	27	—	29	—	28	26
Задачи третьего типа										
3	1	3	55	49	37	56	50	53	47	47
5	50	54	52	49	44	60	58	50	65	58
7	28	15	40	23	20	55	50	52	51	44
Задачи четвертого типа										
8	—	29	19	30	13	41	45	41	62	31
16	44	37	41	52	27	57	45	—	—	—
10	—	29	81	52	25	43	68	50	61	63
Задачи пятого типа										
12	4	10	—	52	8	17	32	17	29	—
13	64	41	21	44	56	19	32	24	19	—
Задачи шестого типа										
6	34	43	51	31	44	56	51	50	53	44
14	43	52	43	40	29	42	54	57	54	44
17	6	3	33	27	18	60	61	—	59	48
Задачи седьмого типа										
1	—	3	18	28	5	10	9	9	8	—

#### Список литературы

- ГОСТ Р ИСО 7870–2–2015 Статистические методы. Контрольные карты. Ч. 2. Контрольные карты Шухарта. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124585>
- Постановление Правительства РФ от 11.11.2002 № 804 «О Правилах разработки и утверждения типовых норм труда». URL: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-11112002-n-804/>
- Приказ Минтруда России от 30.09.2013 № 504 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке систем нормирования труда в государственных (муниципальных) учреждениях». URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintruda-rossii-ot-30092013-n-504/>
- Богатырева И. В. Проблемы нормирования труда в России // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2016. С. 159–161. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27700074>
- Половинко В. С. Управление персоналом: системный подход и его реализация : монография / под науч. ред. Ю. Г. Одегова. М. : ИформЗнание, 2002. С. 450. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24090307>
- Yanransky D. N., Latypov R. T., Chumak E. V. Modern approaches to the rationing of managerial labor // Advances in economics, business and management research. 2019. P. 6–9. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41211638>

## ФОРМИРОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛУЖБАХ ПРЕДПРИЯТИЯ

**М. В. Матюхина,**

*магистр*

**А. Р. Галоян,**

*аспирант*

**Л. Л. Калинина,**

*доцент, канд. экон. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Предложен подход к совершенствованию организации труда в функциональных подразделениях предприятия путем формирования обоснованной нормативной базы. Сходная информация проанализирована с использованием контрольных карт Шухарта. Разработаны нормы труда для выполнения определенного типа аналитических задач.

**Ключевые слова:** организация и нормирование труда, контрольные карты Шухарта, нормы труда.

## FORMATION OF THE REGULATORY BASE OF LABOR ORGANIZATION IN THE FUNCTIONAL SERVICES OF THE ENTERPRISE

**Abstract.** An approach to improving labor in the functional divisions of the enterprise for the approval of the regulatory framework is proposed. Similar information was analyzed using Shewhart control charts. Labor standards have been developed for a certain type of analytical tasks.

**Keywords:** organization and regulation of labor, Shewhart control charts, labor standards.

Проблемы организации и нормирования труда в последние годы объективно вышли на первый план. Их решение существенно влияет на успешность системы управления персоналом организации. Связано это прежде всего с необходимостью повышения эффективности использования трудового потенциала работников [1; 2].

Под нормированием понимается вид деятельности по управлению предприятием, направленный на установление норм труда с целью повышения эффективности функционирования предприятия [3; 4].

Для того чтобы иметь уверенность в достоверности исходной информации, на основе которой предполагается определять нормы труда, предлагается использовать контрольные карты Шухарта. Данный статистический инструмент показывает, в каком состоянии находится производственный процесс [5; 6].

В представленной работе предпринята попытка использовать данный инструмент для решения задачи определения норм труда в функциональном отделе теплоэнергетической компании.

Предметом исследования являются проблемы в организации нормирования труда. Цель — обос-

нование и разработка норм труда специалистов аналитического отдела. Специфика деятельности отдела заключается в расчете платежей за жилищно-коммунальные услуги. В качестве объекта наблюдения выбрано подразделение единичных изменений, численностью 18 человек. За данным подразделением закреплено 7 типов задач. Для обоснованной разработки норм произведено распределение исполнителей по типам задач. Исследование проведено за две рабочие недели, в течение которых было установлено фактическое количество выполненных задач каждым специалистом. В табл. 1 представлены результаты исследования.

На основе имеющихся данных по фактическому количеству отработанных задач была составлена контрольная карта Шухарта для третьего типа задач в виде рис. 1.

Анализ контрольной карты показывает, что среднее значение количества выполняемых задач составляет 47 задач в смену. Рассчитанные границы управления, отстоящие от среднего значения на  $3\sigma$  ( $\sigma$  – величина стандартного отклонения) демонстрируют область нормальной работы. Полученный результат составляет 10 минут, что может быть принято в качестве нормы времени для

преобразовать в технические характеристики или функциональные возможности продукта, сформировать различные концепции одного и того же продукта.

Термин «ценность» отличается от понятий «цена» или «стоимость», это соотношение между функцией, необходимой для удовлетворения потребностей потребителя и стоимостью этой функции. Стоимость — это затраты на производство и реализацию продукта. Ценность — это восприятие продукта конкретным потребителем. Однако мы можем соотнести ценность с качеством, производительностью, дизайном и другими характеристиками продукта. Существует множество различных видов ценности [1–3], приведем только некоторые из них (рис. 1).



Рис. 1. Виды ценности

Потребитель или пользователь находится в центре взаимосвязи различных видов ценности в одном и том же продукте, но ведущая ценность понимается как восприятие товара. Понимание того, как потребители воспринимают и оценивают

продукт, очень важно для разработки востребованного продукта и повышения конкурентоспособности предприятия на рынке. ФСИ помогает определить требования к разрабатываемому продукту, а также определить связь между удовлетворением потребностей и затрачиваемыми на это ресурсами.

Стоит отметить, что в методе ФСИ, в частности при построении функциональной модели изделия и функционально-стоимостных диаграмм для выявления точек рассогласования, необходимо учесть требования к разрабатываемому продукту всех заинтересованных сторон, которые имеют интерес к данному продукту и его жизненному циклу. Такими заинтересованными сторонами могут выступать пользователи продукта, специалисты по сервисному обслуживанию, конструкторы и технологи предприятия, на котором разрабатывается продукт.

При определении значимости каждой отдельной функции разрабатываемого изделия экспертным методом должно быть учтено мнение всех заинтересованных сторон, а не только потребителей, как в классическом ФСА. Это позволит сформировать объективную ценность, а применение ФСИ позволит улучшить продукт с помощью повышения качества, надежности, ремонтопригодности и других характеристик при одинаковой стоимости или за счет снижения стоимости при сохранении ценности. В результате продукт будет выполнять больше функций по той же стоимости или те же функции будут выполняться с меньшими затратами.

Таким образом, применение метода ФСИ при разработке новой продукции, создании новой ценности позволит предприятиям получить конкурентное преимущество на рынке, выстроить эффективную инновационную деятельность.

#### Список литературы

1. *Fernandes M. T.* Value Analysis Going into a further dimension Engineering // Technology & Applied Science Research. 2015. № 5 (2). P. 781–789.
2. *Abdullah A., Adesta E.* Implementation of functional analysis using value analysis value engineering (VAVE) // ARPN J. Eng. Appl. Sc. 2015. № 10 (21). P. 10072–10076.
3. *Kiran D. R.* Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies. Oxford : Butterworth Heineman, 2017. Chapter 33. P. 455–470.

## РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО ИНЖИНИРИНГА В СОЗДАНИИ ЦЕННОСТИ НОВОГО ПРОДУКТА

**А. Д. Мурукина,**

*аспирант*

**М. А. Прилуцкая,**

*доцент, канд. техн. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Разработка новых видов продукции является необходимым условием для инновационного развития предприятий. Ключевой фактор данного процесса — формирование объективной ценности продукта при его разработке. В статье рассмотрен один из комплексных методов формирования ценности, дано определение данному понятию, рассмотрены основные виды ценности, определена роль функционально-стоимостного инжиниринга в разработке нового продукта.

**Ключевые слова:** разработка продукта, ценность, функционально-стоимостной инжиниринг, функционально-стоимостной анализ, функции.

## IMPORTANCE OF VALUE ENGINEERING METHOD IN DEVELOPMENT VALUE OF A NEW PRODUCT

**Abstract.** The development of new types of products is a requirement for the innovative development of enterprises. The crucial factor of this process is the formation of the objective value of the product during its development. The article considers one of the complex methods of value formation, gives a definition to this concept, considers the main types of value and defines the importance of Value Engineering in the development of a new product.

**Keywords:** product development, value, Value Analysis, Value Engineering, functions.

В настоящее время жесткая конкуренция на открытых рынках ведет к постоянной борьбе предприятий за долю рынка. При этом устойчивое развитие предприятий достигается не только путем снижения цен на продукцию для привлечения большего числа покупателей, но и за счет постоянного внедрения инноваций в производственные и организационные процессы для создания новых продуктов. Концепции или идеи для новых продуктов производители получают либо из внешних источников: покупатели, поставщики, конкуренты, патентный поиск, исследовательские центры и вузы, ассоциации, выставки и т. д., либо из внутренних источников: разработчики, технологи, производственные рабочие, менеджеры, торговые представители, дистрибьюторы. Но существуют специальные комплексные инструменты, позволяющие создавать новые концепции.

Разрабатывая новый продукт, производители ищут и внедряют различные методы достижения наилучшего соотношения «цена — качество». При этом качество продукта или услуги — это удовлетворение потребностей потребителей. Метод,

который исследует данное соотношение, получил название «функционально-стоимостной анализ» (ФСА), а выполнение данного анализа при проектировании нового продукта получило название «функционально-стоимостной инжиниринг» (ФСИ). Объектом исследования ФСИ является продукт, процесс или услуга на стадии проектирования. Основной принцип — создание ценности продукта для потребителя с наименьшими или оптимальными производственными затратами. Данный метод позволяет уточнить функциональные требования к новому продукту, построить функциональную модель изделия, сопоставить функции со структурно-элементной моделью, исключить лишние функции.

При применении ФСИ первым шагом является создание, а затем повышение ценности продукта или услуги путем определения его функций. То же самое делается с составляющими компонентами и связанными с ними затратами. Особое внимание следует уделить понятию «ценность», обусловленную конкретными функциональными и эмоциональными потребностями, которые затем можно

Рыночный метод потребительской оценки применяется для установления цен на взаимозаменяемую продукцию. Данный метод условно разделен на определение цены исходя из возможностей потребителя и определения цен относительно конкурентов.

Наиболее часто основным фактором определения стоимости товара является конкуренция на рынке. В таком случае, если компания обладает достаточной рыночной силой, то рассчитанная цена на товар может быть увеличена, исходя из лояльности покупателей к товарам данного бренда [3].

Преимущественно распространенными в этом случае являются — метод «текущей цены» и метод «запечатанного конверта», исходя из которых возможно 2 варианта определения цены:

- товар имеет дополнительную ценность для потребителя по сравнению с товарами-заменителями, тогда цена определяется от потребительского спроса, а не исходя из цен конкурентов;

- в остальных случаях необходимо назначить более низкую цену, по сравнению с конкурентами.

Ценообразование по психологическому принципу (все чаще находит применение) основано на том, что при определении цены учитываются не только экономические, но и психологические факторы [4].

Параметрические методы используют при расчете цены на аналогичную продукцию. Цена на каждый новый продукт рассчитывается путем корректировки цены базового изделия этого ряда. Наиболее распространены:

- 1) метод удельных показателей строится на формировании цены по одному из главных параметров качества товара;

- 2) метод корреляционно-регрессионного анализа состоит в определении эмпирических формул зависимости цен от величин нескольких основных параметров качества.

Например, для точного определения цены на новое изделие в области машиностроения предлагают применять балловый метод [5].

Балловый метод — применяется к тем товарам, чьи потребительские свойства не поддаются непосредственному количественному измерению и вследствие этого не имеют определенных числовых показателей качества. Если оцениваемые параметры не равнозначные, то в расчет вводятся показатели значимости, каждого параметра в долях единицы. Заключается в использовании экспертных оценок значимости параметров товаров.

Использование рыночных методов определения цены удобно в том случае, когда продукт известен потребителю, но в условиях рынка инновационного машиностроения данный метод ценообразования не совсем удобен. Наиболее подходящим при определении цены новаторского продукта в отрасли машиностроения было бы применение одного из видов параметрического метода ценообразования, такого как балловый метод. Путем определения ключевых характеристик продукта производится оценка его параметров по критерию важности для потребителя, относительно схожих товаров конкурентов. Следовательно, будет определен коридор возможных цен. В силу того, что цена определяется на принципиально новый продукт, необходимо использовать затратный метод, который будет наиболее полно отражать все издержки. Таким образом, используя два метода, можно проверить, попадает ли полученная цена затратным методом в коридор возможных рыночных цен, тем самым удовлетворив запросы потребителя и производителя.

Таким образом, можно отметить, что, несмотря на успешный опыт использования существующих методов ценообразования, на сегодняшний день нет универсального метода, который смог бы учесть все факторы, влияющие на формирование цены. Более того, рекомендуется использовать более одного способа определения цены, особенно в случае выхода на рынок инновационного продукта. Это связано с тем, что каждый метод ценообразования делает акцент на определенных факторах, влияющих на стоимость товара.

#### Список литературы

1. Жидкова Е. В., Жидков А. Н. Методы ценообразования на современном рынке // Аллея науки. № 16. 2017. С. 4.
2. Немцева Ю. В., Тележенкова М. Д. Анализ методов ценообразования // Тенденции развития социотехнической среды. 2018. С. 321–328.
3. Зинченко М. В. Основные этапы формирования цены на товар или услугу и классификация методов ценообразования // Collection of scientific articles III International correspondence scientific specialized conference. 2018. С. 43–47.
4. Бакальская Е. В., Новикова Е. В. Затратный и психологический методы ценообразования на современном рынке: преимущества и недостатки // Аллея науки. № 16. 2017. С. 5.
5. Быстров О. Ф., Мусатов Д. В., Сакрюкин Е. В. Методы ценообразования, балловый метод, метод Бофа // Economics. 2018. № 4 (36). С. 6–10.



## ОСОБЕННОСТИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**Е. В. Минина,**

*магистрант*

**О. О. Подоляк,**

*доцент, канд. экон. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Рассмотрены разные методы ценообразования. Предложены несколько вариантов определения цены инновационного продукта на рынке машиностроения. Идея в том, чтобы использовать сразу несколько методов при определении конечной цены на новый продукт.

**Ключевые слова:** ценообразование, методы ценообразования, цена, новый продукт, производитель, потребитель.

## FEATURES OF PRICING OF INNOVATIVE INDUSTRIAL PRODUCTS

**Abstract.** Different pricing methods are considered. Several options for determining the price of an innovative product in the mechanical engineering market are proposed. The idea is to use several methods at once when determining the final price of a new product.

**Keywords:** pricing, pricing methods, price, new product, manufacturer, consumer.

При условии высокой конкуренции на рынке предприятиям достаточно трудно определить индивидуальный уровень цены на продукцию. Так как отрасль машиностроения является одной из основных в промышленном производстве, установление оптимальной цены является важным фактором, который отражает достоинства продукции относительно конкурентов и интересы всех участников рынка.

Общее понимание системы цен, а также непосредственный процесс формирования цены на любой продукт характеризует понятие ценообразования. Порядок или способ формирования цены принято называть методом ценообразования.

Для ведения грамотной ценовой политики существует большое количество различных методов ценообразования. Необходимо среди них подобрать тот, который будет наиболее действенным и точным среди прочих способов определения цены. Целью подходящего метода является не только покрытие всех затрат, связанных с процессом производства, но и получение прибыли, а также удовлетворение ожидаемых запросов потребителя.

Методы ценообразования применяются на всех этапах жизненного цикла товара. Несмотря на широкий спектр способов определения цены, условно они делятся на три основные группы. К первой группе относятся затратные методы ценообра-

зования, ко второй группе — рыночные методы, к третьей группе — параметрические методы.

Большинство авторов считают, что наиболее проработанным и универсальным является затратный метод ценообразования [1].

Затратные методы содержат в своей основе учет производственных затрат и сбыт товара на определенную сумму прибыли, которую планирует получить предприятие. Основной принцип расчета с помощью этих методов заключается в прибавлении наценки на себестоимость товара, размер которой зависит чаще всего от его вида [2]. К группе затратных методов относят метод полных издержек, прямых затрат, предельных издержек, учета рентабельности инвестиций, надбавки к цене, на основе анализа безубыточности.

Главное достоинство этих методов в простоте, а также в возможности установить нижний предел цены. Недостатками затратного метода являются, во-первых, ориентация исключительно на производство без учета рыночного спроса, во-вторых, невозможность выявить резервы снижения затрат и учесть все факторы, влияющие на цену. Также стоит отметить низкую мобильность цены: при необходимости снизить цену предприятие может либо снизить себестоимость товара (для чего нужны определенные ресурсы), либо произвести увеличение объема продаж (для чего требуются дополнительные затраты на рекламу).



Секция 3

**ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
ЭКОНОМИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Определим решение:

$$\Delta x(t) = \frac{a_0 k \omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + k^2 \omega^2} + \frac{a_0 \sin(\omega t - \phi)}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + k^2 \omega^2}}. \quad (2)$$

Поскольку интенсивность деформирования в данной колебательной системе значительно зависит от значения внешней силы и частоты ее приложения, имеет смысл рассматривать решение только для вынужденных колебаний. Получим общую сумму циклов, пластических деформаций для достижения нормативной плотности

$$\Delta x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i. \quad (3)$$

Суммарную работу, требуемую на уплотнение для достижения нормативного коэффициента уплотнения грунта (достижение нормативной плотности и прочности грунта), можно определить в соответствии с достигаемыми граничными условиями (4).

$$\frac{\rho_0}{\rho_{\text{конеч}}} = \frac{h_0 - \Delta x}{h_0}, \quad (4)$$

где  $\rho_0$  — плотность деформируемой среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{конеч}}$  — требуемая плотность среды, кг/м<sup>3</sup>.

Определим напряжения, возникающие в деформируемой грунтовой среде на единичном цикле, колебательного процесса:

$$\sigma_i = \frac{F_i}{S_i} = \frac{c_{2i} \Delta x_i}{S_i(x)}. \quad (5)$$

Предлагается оригинальный подход, когда грунтовая среда рассматривается как система по-

следовательно соединенных элементарных столбов [2–8], которые поочередно подвергаются деформирующему воздействию от рабочего органа уплотнителя. Выявим решение системы уравнений движения для нескольких сосредоточенных масс [5].

$$\begin{cases} m_1 \Delta \ddot{x}_1 + b_{2'} (\Delta \dot{x}_1 - \Delta \dot{x}_2) + c_{2'} (\Delta x_1 - \Delta x_2) - \\ - b_1 (\Delta \dot{x}_{p0} - \Delta \dot{x}_1) - c_1 (\Delta x_{p0} - \Delta x_1) = F_\delta(t); \\ m_2 \Delta \ddot{x}_2 + b_{2''} (\Delta \dot{x}_2 - \Delta \dot{x}_3) - b_{2'} (\Delta \dot{x}_1 - \Delta \dot{x}_2) + \\ + c_{2''} (\Delta x_2 - \Delta x_3) - c_{2'} (\Delta x_1 - \Delta x_2) = m_2 g; \\ m_3 \Delta \ddot{x}_3 + b_{2''} \Delta \dot{x}_3 - b_{2''} (\Delta \dot{x}_2 - \Delta \dot{x}_3) + \\ + c_{2''} \Delta x_3 - c_{2''} (\Delta x_2 - \Delta x_3) = m_3 g, \end{cases} \quad (6)$$

$$A(x) = -\Delta x \omega^2 = f(\sigma(x)), \quad (7)$$

Выражение (7) позволяет определить виброускорения, возникающие в деформируемой грунтовой среде. Значения виброускорений пропорциональны значениям напряжений и являются критерием эффективности протекания процесса уплотнения [2; 4; 8].

Представлены исследования процесса уплотнения грунтов земляного полотна при строительстве автомобильных дорог. В качестве инструмента исследований использовались методы математического моделирования. Рассмотрен анализ состояния вопроса в сфере влияния вибрационных рабочих органов дорожных катков на развитие напряженно-деформируемого состояния уплотняемых грунтовых сред. Математическое моделирование описания процесса вибрационного деформирования упруговязкопластичной грунтовой среды проводилось в программной среде Maple 11.

### Список литературы

1. Савельев С. В., Пермяков В. Б., Михеев В. В., Потеряев И. К. Инновационная уплотняющая техника и рекомендации по ее использованию для ресурсосберегающих технологий дорожного строительства : монография. Омск : СибАДИ, 2019. 193 с.
2. Тюремнов И. С., Новичихин А. А. Уплотнение грунтов вибрационными плитами : монография [Электронный ресурс] / Ярославль : Изд. дом ЯГТУ, 2018. 143 с. 1 электрон. опт. диск.
3. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле / под ред. Э. И. Григолюка ; пер. с англ. Л. Г. Корнейчука. М. : Машиностроение, 1985. 472 с.
4. Савельев С. В., Михеев В. В. Исследования напряженно-деформированного состояния упруго-вязкой среды при вибрационном нагружении // Вестн. СибАДИ : научный рецензируемый журнал. 2012. № 3 (25). С. 83–87.
5. Saveliev S. V., Mikheyev V. V., Permyakov V. B. Complex approach to the optimal energy efficient work pattern for vibratory roller Journal of Physics // Conference Series. 2019. № 1260 (11). P. 112–120.
6. Chang G. K., Xu Qinwu, Rasmussen R., Merritt D., Michael L., White D., Horan B. Accelerated Implementation of Intelligent Compaction Technology For Embankment Subgrade Soils. Aggregate Base and Asphalt Pavement Materials — IC Data Management, Federal Highway Administration Office of Pavement Technology. HIPT-10. 2010. P. 118.
7. Кустарев Г. В., Павлов С. А., Жарцов П. Е. Анализ факторов, влияющих на качество процесса уплотнения // Механизация строительства. 2013. № 4. С. 6–10.
8. Verruijt A. Solid dynamics // Delft University of Technology. Netherlands, 2008. 425 p.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ УПЛОТНЯЮЩИХ МАШИН С ГРУНТАМИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

**С. В. Савельев,**

профессор, д-р техн. наук

**М. К. Шушубаева,**

соискатель

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск

**Аннотация.** Предложено модельное описание взаимодействия рабочих органов уплотняющей машины с уплотняемым грунтом, представленным в виде нескольких элементарных упруговязкопластичных столбов. Решается задача изучения состояния грунтовой среды, в процессе уплотнения земляного полотна в транспортном строительстве. Разработан алгоритм решения системы уравнений в среде Maple 11.

**Ключевые слова:** модуль деформации, грунтовая среда, динамическое напряжение, цикл, вибрационная сила, виброускорение.

## THE USE OF AN INNOVATIVE APPROACH TO MODELING THE INTERACTION OF THE WORKING BODIES OF THE COMPACTOR MACHINE WITH EARTH LEAF SOIL IN THE CONSTRUCTION OF TRANSPORTATION FACILITIES

**Abstract.** A model description of the interaction of the working bodies of the compacting machine with the soil base of the road presented in the form of several elementary elastic-viscoplastic pillars is proposed. The problem of studying the state of the soil environment is being solved in the process of compaction of the roadbed during transport construction. An algorithm for solving the system of equations in the Maple 11 environment is developed.

**Keywords:** deformation modulus, soil medium, dynamic stress, cycle, vibration force, vibration acceleration.

Изменение экономической ситуации в любой стране невозможно без развития любых инфраструктурных объектов транспортной сети, и автомобильных дорог в частности. Автомобильные дороги являются важнейшей составляющей социально-экономического развития государства, а для Российской Федерации с ее огромной территорией проблема транспортной доступности стоит особенно остро. Наиболее важной операцией при устройстве автомобильных дорог является технологическая операция уплотнения конструктивных слоев автодороги. Особенно важно уделять внимание качественному уплотнению грунтов земляного полотна [1]. Именно на грунтовом основании расположены дорожное основание и дорожное покрытие. Поэтому недоуплотнение земляного полотна приведет к разрушению верхних технологических слоев, а значит, и к огромным убыткам. От качества уплотнения всех слоев автодороги зависит ее прочность, долговечность, устойчивость к внешним воздействиям от различного вида транспорта.

Моделирование процесса создания и развития напряженно-деформируемого состояния (НДС) в грунтовом основании автомобильной дороги, является актуальной задачей, решение которой позволяет спрогнозировать интенсивность процесса уплотнения, а также обосновать конструктивные и режимные параметры уплотняющей машины. Воздействие внешней вынуждающей силы от дорожного уплотнителя на деформируемую среду, происходит с определенными частотами  $\omega$  и амплитудой  $F$ . Дифференциальное уравнение движения объема обрабатываемой грунтовой среды, запишем в виде [1–3]:

$$\rho V \Delta \ddot{x} + b_2 \Delta \dot{x} + c_2 \Delta x = F_0 \sin \omega t + F_{ct}, \quad (1)$$

где  $\rho$  — плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  — объем столба среды, м<sup>3</sup>;  $\Delta x$  — деформация среды, м;  $m = \rho V$  — приведенная масса среды, кг;  $F_{ct} = Mg$  — сила тяжести от массы сооружения, Н;  $b_2$  — коэффициент вязкого трения объема, Нс/м;  $c_2$  — жесткость столба среды, Н/м.

гии кранов (при гибкой подвеске — без груза, при жесткой — с грузом), движущихся со скоростью 50 % номинальной, с ограничением величины замедления не более  $4 \text{ м/с}^2$ .

Для обеспечения требуемого замедления от 2,5 до  $4 \text{ м/с}^2$  [4] и работы кранов в режиме автоматической сцепки необходима модернизация электроприводов кранов, отключение конечных выключателей со стороны сцепных устройств и снижение скоростей механизмов передвижения.

Узлы крепления сцепного устройства рассчитываются на полную нагрузку, возникающую при ударе кранов, движущихся с номинальной скоростью. Гашение энергии поглощающим аппаратом также позволяет снизить динамические нагрузки в автосцепке при перемещении груза двумя кранами (в режиме автоматического сцепления).

#### Список литературы

1. Авдеев В. А., Друян В. М., Кудрин Б. И. Основы проектирования металлургических заводов : справочник. М. : Интермет Инжиниринг, 2002. 464 с.
2. ГОСТ 33434–2015 Устройство сцепное и автосцепное железнодорожного подвижного состава. Технические требования и правила приемки : дата введения 2015–06–01. М. : Стандартиформ, 2015. 32 с.
3. ГОСТ 32913–2014 Аппараты поглощающие сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Технические требования и правила приемки : дата введения 2015–06–01. М. : Стандартиформ, 2015. 12 с.
4. Проектирование и расчет транспортно-технологических грузоподъемных кранов для обслуживания предприятий металлургической промышленности: справочное руководство / сост. И. И. Абрамович и др. М. : ОАО НПО «ВНИИПТМАШ»; Череповец : ООО «Северсталь-проект», 2007. 123 с.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет максимально использовать имеющиеся краны при техническом перевооружении цехов, избежать необоснованных затрат на усиление строительных конструкций для обеспечения перемещения крупногабаритных грузов при ремонте технологических агрегатов. Вариант установки автосцепки СА-3 для перемещения крупногабаритных грузов литейными кранами грузоподъемностью  $Q = 140/32/5$  тонн производства завода «Сибтяжмаш» представлена на рис. 2.

В данном случае сцепные устройства крепятся к главным балансирам передвижения кранов.

Стоит отметить, в состав сцепного устройства входят серийные узлы, широко применяемые в железнодорожном транспорте.

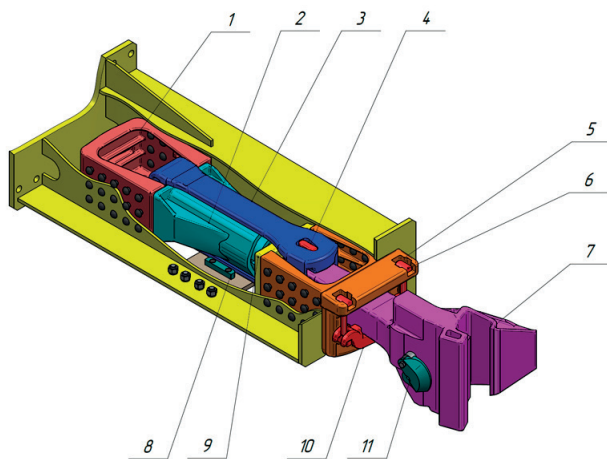


Рис. 1. Автосцепка СА-3:

- 1 — упор задний УЗ1К; 2 — аппарат поглощающий Ш-2-В; 3 — хомут тяговый; 4 — клин тягового хомута; 5 — упор передний УП1К-2; 6 — подвеска маятниковая; 7 — автосцепка СА-3; 8 — планка; 9 — плита упорная; 10 — балочка центрирующая; 11 — валик подъемника

при соударении кранов, автоматическое запираание замка и расцепление без выхода человека на подкрановый путь в зону движения кранов; 2-й режим — в режиме положение на «буфер», когда при соударении автосцепки не должны соединяться [2].

Роль буфера выполняет поглощающий аппарат [3]. Поглощающие аппараты обеспечивают гашение части энергии удара, уменьшение продольных растягивающих и сжимающих усилий, которые передаются через автосцепку на конструкции крана. Принцип действия их основан на возникновении

в аппарате сил сопротивления и превращении части энергии удара в другие виды энергии, например тепловую.

По типу рабочего элемента, создающего силы сопротивления и принципу действия, поглощающие аппараты делятся на пружинные, пружинно-фрикционные и с резинометаллическими элементами. Работа пружинных аппаратов основана на возникновении сил сопротивления упругой деформации пружин при их сжатии.

Работа пружинно-фрикционных аппаратов основана на превращении кинетической энергии соударяемых вагонов в работу сил трения фрикционных элементов и потенциальную энергию деформации пружин.

В аппаратах с резинометаллическими элементами энергия затрачивается на работу сил внутреннего трения резины и потенциальную энергию деформации элементов.

Выбор типа поглощающего аппарата для применения в крановом хозяйстве определяется его параметрами: энергоемкостью, ходом, величинами начального и конечного сжатия, величиной необратимо поглощенной энергии, стабильностью и готовностью аппарата к работе (показатель заклинивания). Энергоемкость аппарата представляет собой величину кинетической энергии, которую он воспринимает при полном сжатии.

При выборе поглощающего аппарата необходимо обеспечить поглощение кинетической энер-

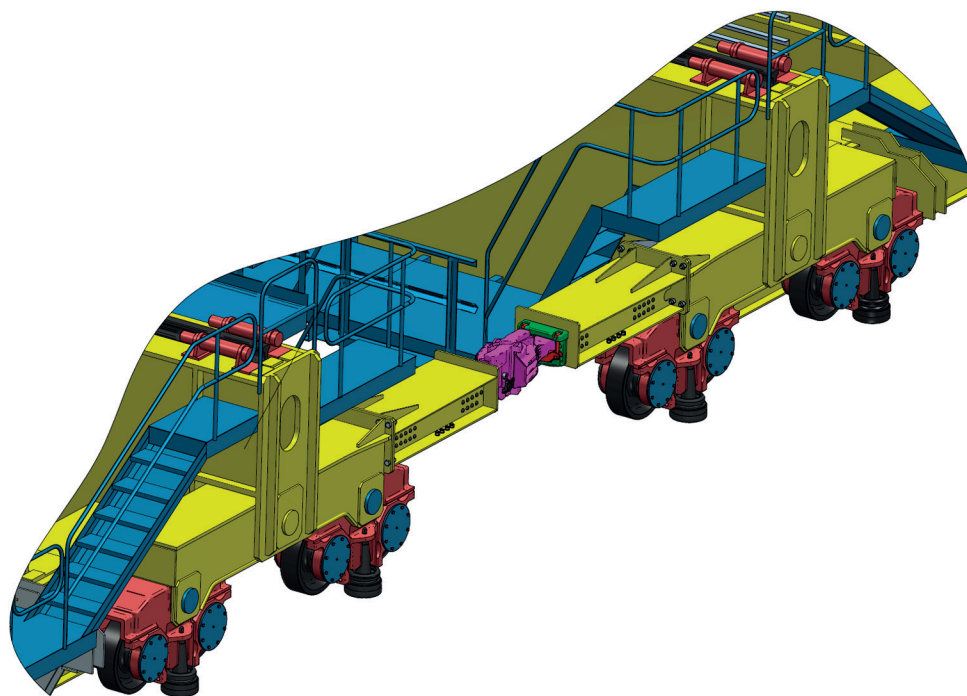


Рис. 2. Установка автосцепки СА-3 при работе литейных кранов грузоподъемностью  $Q = 140/32/5$  тонн

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА СА-3 ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ МОСТОВЫХ КРАНОВ

**И. В. Зайцев<sup>1</sup>,**

*аспирант*

**А. Л. Кузьминов<sup>1</sup>,**

*профессор, д-р техн. наук*

**А. В. Смирнов<sup>2</sup>,**

*ведущий специалист по подъемно-транспортному оборудованию*

**Н. В. Модин<sup>2</sup>,**

*канд. техн. наук, главный специалист по подъемно-транспортному оборудованию*

<sup>1</sup>Череповецкий государственный университет, Череповец

<sup>2</sup>ООО «Северсталь-Проект», Череповец

**Аннотация.** В статье рассматривается возможное применение автосцепки СА-3 для безопасного способа соединения мостовых кранов при их совместной работе.

**Ключевые слова:** мостовой кран, тупиковые упоры, автосцепка.

## APPLICATION OF THE AUTOMATIC COUPLING DEVICE SA-3 AT BRIDGE CRANES WORKING TOGETHER

**Abstract.** The article discusses the possible use of the sa-3 automatic coupling for a safe way to connect bridge cranes when they work together.

**Keywords:** bridge crane, dead-end stops, automatic coupling.

В условиях современного производства при наращивании объемов в металлургии требуется техническое перевооружение действующих цехов в различных производствах (сталеплавильного, прокатного), а также в тяжелом машиностроении, энергетике, судостроении и других отраслях промышленности. Для обслуживания основного технологического оборудования часто требуются мостовые краны с большей грузоподъемностью по отношению к имеющимся существующим кранам.

На стадии технического перевооружения производств, расположенных в существующих зданиях, решаются вопросы о необходимости установки новых и реконструкции существующих кранов, а также вопрос использования существующих подкрановых конструкций с учетом их действительного технического состояния и нагрузок от кранов, что является серьезным ограничением.

Установка кранов большей грузоподъемности потребует усиление элементов каркаса здания, а также замену подкрановых конструкций. Для оптимизации стоимости инвестиционных меро-

приятий целесообразно использовать имеющиеся в цехах работоспособные краны [1].

Перемещение крупногабаритных элементов при ремонте основного технологического оборудования может быть выполнено двумя кранами. В этом случае для предотвращения падения груза вследствие несинхронности перемещения кранов целесообразно использовать жесткую сцепку.

В условиях действующего производства необходимо обеспечить безопасность персонала и минимизировать простои крана, связанные с установкой и снятием жесткой сцепки. Для обеспечения данных условий предлагается использовать соединение кранов автосцепкой СА-3, оборудованной поглощающим аппаратом (рис. 1), широко используемых в железнодорожном транспорте. На мостовых кранах предлагается применение аппаратов пружинно-фрикционных или с резинометаллическими элементами.

Автосцепка позволяет безопасно производить стыковку кранов с минимальным участием человека. Применяемая в железнодорожном транспорте автосцепка СА-3 позволяет работать в двух режимах: 1-й режим — автоматическое сцепление



вихревого гидродиода [5], которая получила название «вихревой диод повышенной диодности».

Используя программное обеспечение ANSYS было проведено моделирование и численный расчет показателей, турбулентного потока в камере вихревого диода повышенной диодности в сравнении с классическим вихревым диодом, по полям распределения давлений и скоростей в их плоскостях (рис. 1, 2). Что позволило оценить эффективность применения в качестве надежного

демпфирующего элемента гидравлической системы ГПО.

**Выводы.** Таким образом, снижая динамическую нагруженность, частотные колебания в переходных процессах и увеличивая плавность хода ГПО, мы уменьшаем время, которое затрачивается на позиционирование рабочих элементов оборудования относительно перемещаемого груза, что приводит как к комфортности работы, так и увеличению нормы подъема груза.

#### Список литературы

1. Житомирский Б. Л. Обоснование и разработка средств упаковки и пакетирования инженерных боеприпасов и имущества с применением полимерных материалов : дис. ... канд. техн. наук. М. : ВИА, 1992. 193 с.
2. Сидоров А. А. Обоснование и оптимизация параметров демпфера механизма подъема стрелы лесного манипулятора сортиментовоза : дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2011. 157 с.
3. Элементы струйной автоматики / И. В. Лебедев и др. М. : Машиностроение, 1973. 359 с.
4. Залманзон Л. А. Теория элементов пневмоники. М. : Наука, 1969. 508 с.
5. Патент 199636 U1 Российская Федерация, МПК F 15 C 1/16. Вихревой диод повышенной диодности / Кайгородов С. Ю., Цветков И. В. № 2020115387 ; заявл. 06.05.2020 ; опубл. 11.09.2020 ; Бюл. 26.

сы и параметры таких демпферов недостаточно исследованы.

Таким образом, в настоящее время объективно существует необходимость разработки грузоподъемного оборудования (ГПО), имеющего повышенную производительность по сравнению с существующими аналогами за счет снижения склонности к колебаниям нагруженных узлов, путем использования перспективных демпфирующих элементов в составе гидросистемы [2].

Проведя анализ конструкций струйных элементов и закономерностей течения жидкости в них, установили что применительно к гидравлическим системам ГПО, оптимальным с точки зрения надежности и плавности хода исполнительных органов, является резисторный вихревой гидродид [3; 4].

Проанализировав конструкции резисторных вихревых гидродидов, а также их преимущества и недостатки была предложена новая конструкция

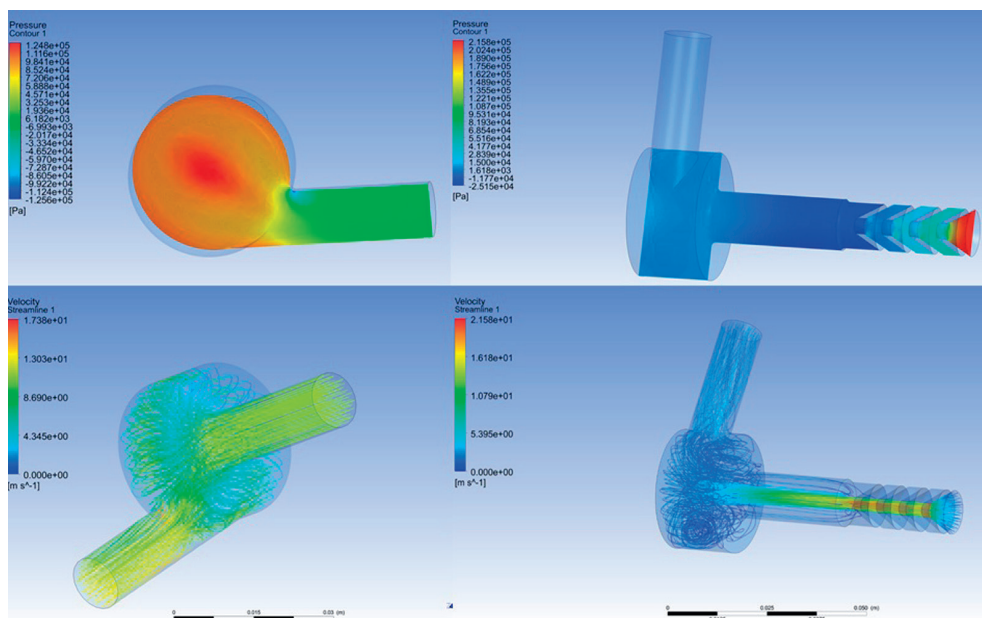


Рис. 1. Графическое представление распределения давления и скорости потока в прямом направлении движения рабочей среды

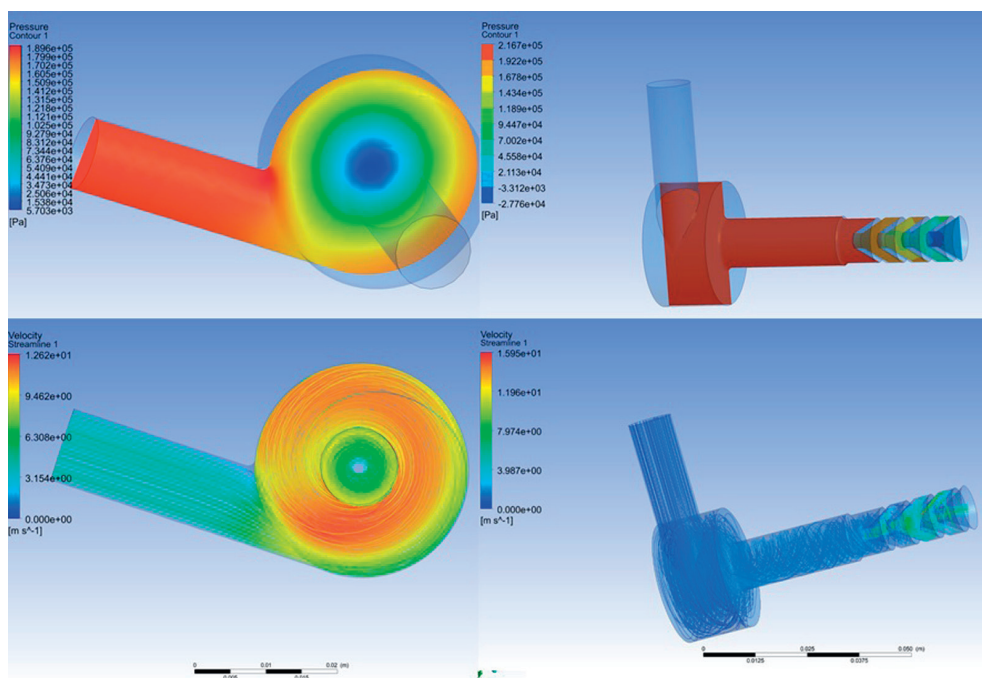


Рис. 2. Графическое представление распределения давления и скорости потока в обратном направлении движения рабочей среды

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА В КАМЕРЕ ГИДРОДИОДА ГИДРОПРИВОДА ГРУЗОПОДЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

И. В. Цветков,

адъюнкт<sup>1</sup>

С. Ю. Кайгородов,

старший преподаватель<sup>2</sup><sup>1</sup>Омский автобронетанковый инженерный институт, Омск<sup>2</sup>Омский государственный технический университет, Омск

**Аннотация.** В Вооруженных силах Российской Федерации (ВС РФ) для механизации погрузочно-разгрузочных, строительных, монтажных и специальных работ при выполнении задач боевого, материально-технического обеспечения действий войск, а также в ходе боевой подготовки войск применяются грузоподъемные и подъемно-транспортные средства.

**Ключевые слова:** вооружение и военная техника, надежность, гидравлическая система, турбулентный поток, гидродiode, диодность.

## MODELING OF TURBULENT FLOW IN THE HYDRODIODE CHAMBER OF THE HYDRAULIC DRIVE OF LIFTING EQUIPMENT

**Abstract.** In the Armed Forces of the Russian Federation (RF Armed Forces), lifting and lifting vehicles are used to mechanize loading and unloading, construction, installation and special work in the performance of tasks of combat, material and technical support for the actions of troops, as well as in the course of combat training of troops.

**Keywords:** weapons and military equipment, reliability, hydraulic system, turbulent flow, hydrodiode, diode.

В связи с расширением грузопотоков, наблюдающимся в логистике товарооборота и снабжения в различных сферах деятельности, в том числе и в области вооружения, военной техники (ВВТ) и снабжения Вооруженных сил, параллельно идет процесс повышения требований к сохранности грузов, удобству их учета, хранения, погрузки, разгрузки и перемещения, что привело к трансформации их упаковки в виде пакетов и контейнеров [1]. Уже сейчас материальные средства и военно-техническое имущество по большей части поступают в войска в контейнерном исполнении.

Анализ объемов и задач, выполняемых войсковыми грузоподъемными и подъемно-транспортными средствами для обеспечения боевого дежурства, обеспечения войск в случае ведения широкомасштабных боевых действий, а также ликвидации последствий разрушений техногенного характера, показывает постоянно существующее стремление в сокращение времени подготовки к проведению мероприятий.

Известно, что производительность подъемно-транспортных машин циклического действия (автокраны, краны-манипуляторы) определяется нормой подъема груза (т. е. грузоподъемностью

крана на соответствующем вылете) и нормой продолжительности рабочего цикла в заданных условиях выполнения работ. Она определяется по формуле

$$W_t = \frac{3600 \cdot q_{\Pi}}{T_{\Pi}} \text{ т/ч}, \quad (1)$$

где  $q_{\Pi}$  — норма массы подъема груза, т;  $T_{\Pi}$  — продолжительность цикла, ч.

Из формулы 1 следует, что основными составляющими производительности являются время цикла, которое напрямую зависит от свойств гидравлической системы, управления и силовой составляющей грузоподъемного механизма, в том числе от величины используемого в системе давления и производительности насосного оборудования. Уменьшить  $T_{\Pi}$  можно за счет увеличения скорости выполнения грузоподъемных работ.

Из анализа исследований рабочих процессов в гидравлической системе ГО и параметров элементов, для снижения динамической нагруженности и колебаний в переходных процессах гидропривода следует, что наиболее перспективными являются дополнительные демпферы, включенные в состав гидропривода. Однако рабочие процес-

3. Патент на ПМ 171038 РФ. МПК В21В 27/03. Соединение приводного вала со ступицей / П. Б. Соколов. 2017. Бюл. № 14.
4. Соколов П. Б., Муравьева А. В. Разработка, исследование и внедрение инновационной технологии восстановления работоспособности прокатных валков и других тел вращения // Черная металлургия : бюл. науч.-техн. и экон. информации. 2019. Т. 75, № 9. С. 1077–1085.
5. Соколов П. Б., Муравьева А. В. Эффективность эксплуатации составных прокатных валков в условиях стана 1300 холодной прокатки ООО «ВИЗ-Сталь» : сб. тезисов докладов 77-й международн. конф. 22–26 апреля. Магнитогорск, 2019. Т. 1. С. 152.

вдоль внутреннего пространства ступицы и создания требуемого натяга применялся газовый нагрев.

Недостатки традиционной конструкции и технологии сборки: требуется высокая точность изготовления составных элементов соединения, что значительно снижает технологичность их изготовления и затрудняет операцию сборки; шпоночные канавки ослабляют сечение опорного вала и повышают вероятность усталостного разрушения.

Поскольку современные краны работают в тяжелых условиях (высокие циклические, динамические и знакопеременные нагрузки), то требования, предъявляемые к качеству и надежности существующих соединений, постоянно ужесточаются.

Данная проблема может быть успешно решена путем использования при проектировании и изготовлении мостовых кранов оригинальной конструкции соединений несущей оси (приводного вала) со ступицей на основе эксцентриситета (рис. 2).

Предлагаемое соединение включает несущую ось с ограничительным буртом и сопрягаемую с ней ступицу ответной формы, при этом посадочный участок выполнен из двух цилиндрических частей разного диаметра, продольные оси которых смещены в радиальном направлении с образованием эксцентриситета ( $e$ ), определяемым из неравенства [1–3]:

$$0,5 (D - d) < e < 0,5 (D \Delta T \alpha_t + D - d - \delta),$$

где  $D$  — наибольший диаметр цилиндрического участка ступицы;  $d$  — наименьший диаметр цилиндрического участка ступицы;  $\Delta T$  — температура нагрева ступицы перед сборкой;  $\alpha_t$  — коэффициент линейного расширения металла бандажа;  $\delta$  — величина натяга.

Выступающий за контур вращения серповидный участок обеспечивает надежное соединение ступицы с несущей осью и предотвращает их от скручивания даже при тяжелых и динамических нагрузках. Создание дополнительного натяга при сборке деталей соединения позволяет повысить точность и жесткость кинематических цепей привода, исключить зазоры (люфты), приводящие к нежелательным вибрациям при реверсе вращательного движения, повысить плавность хода.

#### Список литературы

1. Патент 2310530 РФ. МПК В21В 02/33. Составной прокатный валок / П. Б. Соколов, Р. Я. Шарафутдинов. 2007. Бюл. № 32.
2. Патент на ПМ 187632 РФ. МПК В21В 27/03. Демонстрационная модель составного валка / П. Б. Соколов, А. В. Муравьева. 2019. Бюл. № 8.

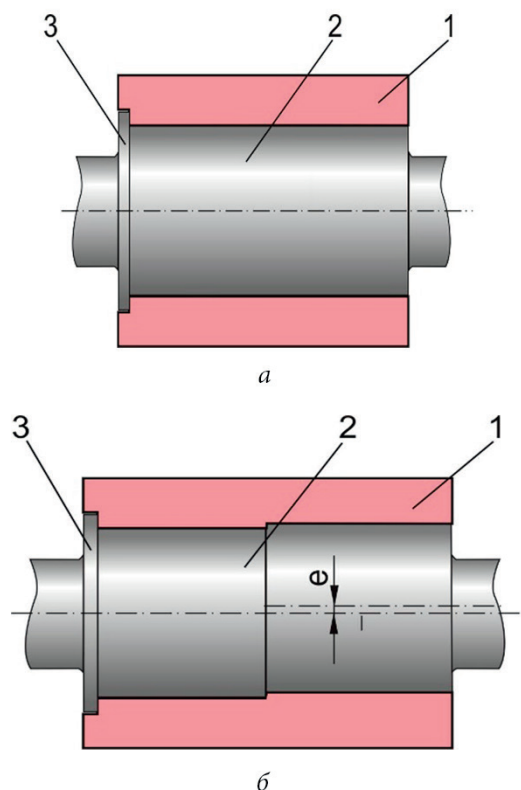


Рис. 2. Конструкции соединения несущей оси (приводного вала) со ступицей:

- 1 — бандаж; 2 — несущая ось;  
3 — ограничительный бурт;  $e$  — эксцентриситет;  
а — традиционная конструктивная схема;  
б — разработанная схема

Благодаря своей универсальности соединение на основе эксцентриситета целесообразно к использованию при проектировании различного вида оборудования для передачи крутящего момента без вибраций, перегрузок и аварийных ситуаций (в мостовых кранах, шахтных подъемных машинах, прокатном оборудовании и других отраслей промышленности). Свою высокую надежность и эффективность в условиях повышенных нагрузок предложенная конструкция показала при восстановлении работоспособности промышленного центробежного радиального вентилятора ПАО «Михайловский ГОК», а также составных валков на стане 1300 холодной прокатки ООО «ВИЗ-Сталь» [4–5].

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВЫХ КРАНОВ

**П. Б. Соколов,**

канд. техн. наук, ведущий инженер

**А. В. Муравьева,**

инженер-конструктор 2 кат.

**С. В. Юрьев,**

ведущий инженер

ПАО «Уралмашзавод», Екатеринбург

**Аннотация.** Основная проблема, возникающая при изготовлении и эксплуатации мостовых кранов, заключается в обеспечении надежного соединения деталей и узлов тел вращения. Современные краны работают в тяжелых условиях (высокие циклические и знакопеременные нагрузки), поэтому требования, предъявляемые к качеству и надежности существующих соединений, постоянно ужесточаются. Разработана оригинальная конструкция соединения ступицы барабана крана с несущей осью (приводным валом), позволяющая исключить круговое и осевое смещение соединяемых деталей друг относительно друга. Основная конструктивная особенность технических решений заключается в создании на посадочном участке тел вращения асимметричной фигуры на основе эксцентриситета.

**Ключевые слова:** мостовой кран, несущая ось, ступица, эксцентрик, натяг, эффективность, надежность.

## INCREASE OF OVERHEAD CRANES RELIABILITY

**Abstract.** The main issue arising in the manufacture and operation of the overhead crane is to ensure the reliable connection of parts and assemblies of rotary bodies. Modern cranes operate in heavy-duty conditions (high cyclic and alternating loads), therefore the quality and reliability requirements to their joints are becoming more and more stringent. A novel design of a joint between the crane drum hub and the bearing axle (the drive shaft) that makes it possible to prevent circular and axial displacement of the connected parts is developed. The main design feature of the described solutions is the creation of an asymmetric eccentricity-based shape at the fitting area of rotary bodies.

**Keywords:** overhead crane, bearing axle, hub, eccentric, interference, efficiency, reliability.

ПАО «Уралмашзавод», основанный в июле 1933 года, является одним из лидеров в производстве оборудования для горнодобывающей промышленности, металлургии, строительной отрасли и энергетики. Одним из основных видов продукции, выпускаемых ПАО «Уралмашзавод», являются мостовые краны грузоподъемностью от 5 до 500 тонн, которые широко применяются в разных отраслях промышленности (металлургии, машиностроении и др.). Конструктивную схему, характерную для большинства выпускаемых кранов, можно рассмотреть на примере мостовых кранов для ООО «НОВАТЭК-Мурманск» (г. Мурманск) и ООО «Судостроительный комплекс «Звезда» (г. Большой камень, Приморский край) (рис. 1).

Перечисленные мостовые краны имеют подобные конструкции и предназначены для сборки металлоконструкций надводных модулей в море (например, при сборке объемных секций и блоков носовой части, машинного отделения, а также грузовых помещений судов), способны осуществ-

лять совместные операции (подъем, удержание, транспортировку, опускание) с другими кранами, а также поворот (на 90°) или переворачивание (на 180°) грузов на весу.

Механизм подъема состоит из двух электродвигателей, редуктора и двух барабанов. Соединение ступицы барабана с несущей осью производилось на основе шпоночного соединения, при этом для обеспечения свободного прохождения оси

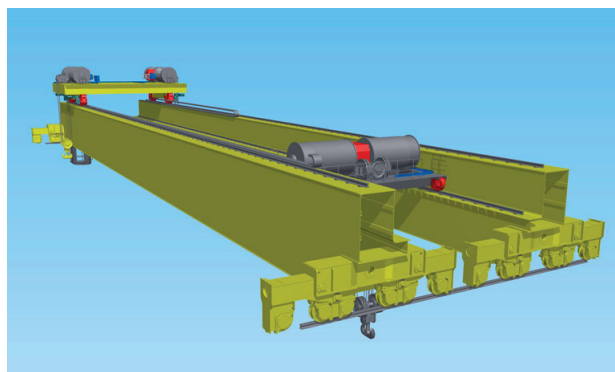


Рис. 1. Модель мостового крана



тов конструкции роботов из металлов, пластика с помощью качественной, экономичной 3D-печати.

2. Повышение обучаемости роботов на основе использования: а) робосимуляторов; б) обучения через повторение, демонстрацию; в) упрощенного программирования; г) автоматизации машинного обучения; д) искусственных нейронных сетей; е) обучения алгоритмическим процедурам; ж) облачных сервисов машинного обучения; з) самообучения за счет обмена информацией между роботами (в том числе через сеть интернета для роботов).

3. Повышение эффективности взаимодействия человек-робот в составе группы роботов и людей на основе использования: а) коллаборативных роботов; б) беспилотного трафика; в) группового управления, навигации; г) нейрокомпьютерных интерфейсов; д) когнитивных навыков роботов; е) обратной сенсорной связи при удаленном управлении; ж) естественного языка; з) распознавания эмоций, эмоционального взаимодействия роботов.

4. Усиление искусственного интеллекта (ИИ) роботов на основе использования: а) компьютерного зрения с детектированием, трекингом, сегментацией, оценкой глубины, генерацией, синтезом изображений; б) понимания, воссоздания естественного языка (например, в чат-ботах); в) распознавания, аналитики, генерации речи, звуков; г) принятия решений в навигации, обходе препятствий, автоматизации разработки моделей, планировании, целеполагании, рекомендательных системах; д) манипуляций с объектами на уровне умений человека; е) движений роботов в нестандартных условиях; на пересеченной, незнакомой местности; без предварительного составления карт; ж) взаимодействия с роботами при помощи речи, жестов; з) высококвалифицированных, профессиональных навыков роботов.

5. Повышение доверия к роботам на основе использования: а) экспертных систем, способных

объяснять свои решения; б) социального ИИ, способного понимать поведение, психоэмоциональное состояние человека, свое собственное поведение, его последствия; в) более точного определения понятия «робот»; г) правовой ответственности за вред, причиняемый роботами; д) права на интеллектуальную собственность робота; е) единых принципов регулирования робототехники (не причинение вреда человеку по инициативе роботов; робот как помощник, а не замена человека; контроль робота человеком; фиксирование, хранение информации роботом об условиях своего функционирования, совершаемых действиях; аварийное отключение робота; конструктивная безопасность робота; уважение человеческого достоинства); ж) прав, обязанностей роботов как искусственных продуктов; юридических, физических, электронных лиц; з) систем информационной безопасности с учетом проникновения роботов во все сферы жизнедеятельности, использования ими больших, персональных, конфиденциальных данных; и) оценки роботов как негуманного оружия в военных целях; к) этических законов робототехники (повиновение человеку, самосохранение робота); л) морального выбора роботом; м) профилактики социальных проблем замены людей роботами; расслоения людей на использующих — не использующих роботов; н) решений проблем рисков сильного ИИ (непредсказуемость решений, поведения роботов; случайное, целенаправленное уничтожение).

В результате исследования были выделены следующие общие предпосылки структурной идентификации систем управления в робототехнике: 1. Повышение автономности и подвижности роботов. 2. Повышение обучаемости роботов. 3. Повышение эффективности взаимодействия человек-робот. 4. Усиление ИИ роботов; 5. Повышение доверия к роботам.

#### Список литературы

1. Игнатъев А. А., Игнатъев С. А. Основы теории идентификации объектов управления : учеб. пособие. Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. 44 с.
2. Сбербанк. Аналитический обзор мирового рынка робототехники 2019. URL: [http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank\\_robotics\\_review\\_2019\\_17.07.2019\\_m.pdf](http://www.sberbank.ru/common/img/uploaded/pdf/sberbank_robotics_review_2019_17.07.2019_m.pdf)

## ОБЩИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ

**А. Г. Долганов,**

*доцент, канд. техн. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** На основе данных аналитического обзора мирового рынка робототехники определены общие предпосылки структурной идентификации систем управления. Исследование данного вопроса необходимо для построения модели системы управления роботом, отвечающей ожиданиям рынка в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

**Ключевые слова:** робот, робототехника, идентификация системы управления.

## GENERAL BACKGROUND FOR STRUCTURAL IDENTIFICATION OF CONTROL SYSTEMS IN ROBOTICS

**Abstract.** Based on the data obtained from the analytical review of the world robotics market, the general prerequisites for the structural identification of control systems are determined. The study of this issue is necessary to build a model of a robot control system that meets market expectations in the short and long term.

**Keywords:** robot, robotics, control system identification.

Идентификация в теории идентификации — это «определение параметров и структуры математической модели, обеспечивающих наилучшее совпадение выходных координат модели и объекта при одинаковых входных воздействиях» [1]. Целью идентификации является определение наиболее адекватной модели идентифицируемого объекта. В данном исследовании таким объектом является система управления роботом. Параметрические методы идентификации, когда априорно известны структура и класс моделей, получили большее развитие, чем структурные методы идентификации, применяемые при дефиците априорной информации. Поэтому в робототехнике **актуально** исследование в области структурной идентификации систем управления.

Цель исследования состоит в определении предпосылок структурной идентификации систем управления в робототехнике. Данные предпосылки формируются в процессе эволюции технологий и могут быть определены в общем виде при анализе тенденций, ожиданий рынка робототехники. Задачи исследования: 1) провести анализ тенденций, ожиданий рынка робототехники; 2) определить общие предпосылки структурной идентификации систем управления в робототехнике.

В качестве аналитических данных были использованы результаты маркетинговых исследований ПАО «Сбербанк» 2019 г. в области робо-

техники [2]. Методы исследования: анализ, синтез, агрегирование результатов маркетинговых оценок рынка робототехники. Практическая значимость исследования: повышение эффективности исследований в робототехнике за счет обоснования структурной идентификации и дальнейшей разработки структурных моделей систем управления роботами, адекватных ожиданиям рынка в краткосрочной и долгосрочной перспективе. В процессе исследования все предпосылки структурной идентификации систем управления в робототехнике были агрегированы в следующие группы:

1. Повышение автономности и подвижности роботов на основе использования: а) новых материалов (нитрида галлия, мягких кристаллов, графена); б) новых источников энергии (например, портативных водородных элементов питания); в) новых систем сбора, передачи электроэнергии (гнущихся полупрозрачных солнечных элементов; беспроводной, быстрой зарядки); г) манипуляционной робототехники с тактильной обратной связью, сложными траекториями движений; д) более совершенных движений роботов; е) сенсорики, органов восприятия окружающей действительности с высокой плотностью интеграции; ж) механизмов на новых принципах работы (бесколлекторных двигателей, волновых редукторов); з) сквозного проектирования роботов; и) производства элемен-

ное зубчатое колесо 7, а колесотокарный станок, входящий в устройство, перемещая станину 1, устанавливают в положение, при котором резец, находящийся в резцедержателе 4, можно было бы вводить во взаимодействие с поверхностью катания или гребня колеса, подлежащих обработке. При установке редуктор 6 должен быть опущен вниз, чтобы его последнее колесо и разъемное колесо 7 не были в зацеплении. Завершив установку устройства и его колесотокарного станка относительно пары 5 в требуемое положение, винтом 9 и клином 8 редуктор 6 поворотом винта перемещают вверх, вводя его последнее колесо в зацепление с колесом 7. После этого включают двигатель 2, перемещая резцедержатель 4, подводят резец, закрепленный в резцедержателе, к обрабатываемой поверхности и производят обработку. Устройство в сборе — на рис. 2.

### **Заключение**

В статье предложена конструкция колесотокарного станка (рис. 2) для ремонта неприводных колесных пар без выкатки тележки; спроектирован привод колесной пары, особенностью которого является то, что передача крутящего момента от двигателя к колесной паре осуществляется посредством разрезного зубчатого колеса. Чтобы исключить проскальзывание разрезного зубчатого колеса относительно оси колесной пары во время обработки, момент резания выбран на 20 % меньше момента трения.

Станок пригоден для обработки колесных пар неприводных секций локомотивов и вагонов, применяемых на российских железных дорогах с колеями 1520 и 1524 мм. Достаточная жесткость конструкции станка и применяемый фасонный инструмент (проектирование по [4]) позволяют увеличить точность обработки. В дальнейшем планируется расширить возможности разработанной конструкции.

### **Список литературы**

1. Гундорова Е. П. Технические средства железных дорог : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. М. : Маршрут, 2003. 496 с.
2. Патент на изобретение № 2732041 РФ. Устройство для обработки колесных пар / Я. Л. Либерман, С. Э. Баженов ; заявл. 10.09.2020.
3. Баранов Г. Л. Проектирование одноступенчатого цилиндрического редуктора : метод. указания по курсам «Детали машин и основы конструирования» и «Механика» — Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2005. 47 с.
4. Галактионова О. П. Методика проектирования фасонных резцов : метод. указания по курсовому проектированию по дисциплине «Режущий инструмент» и проведению лабораторной работы по дисциплине «Проектирование инструментов». Екатеринбург : УрФУ, 2011. 50 с.

лесом 7, или при необходимости на выходной вал редуктора может быть установлено дополнительное зубчатое колесо, которое и будет вводиться в зацепление с колесом 7 [2]. Проектирование открытой зубчатой передачи выполнено в соответствии с [3].

### Использование устройства

Устройство (см. рис. 1) размещают в смотровой яме локомотивного депо. Затем колесную пару 5, подлежащую обработке, располагают над устройством и приподнимают домкратом тележку состава. После этого на валу пары закрепляют разъем-

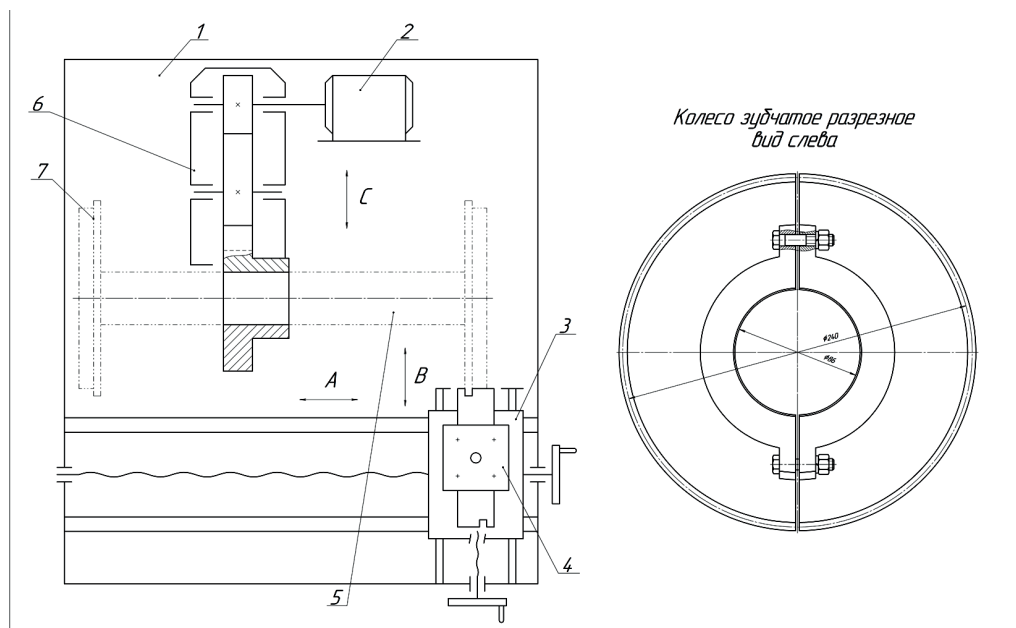


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для обработки колесных пар [2]

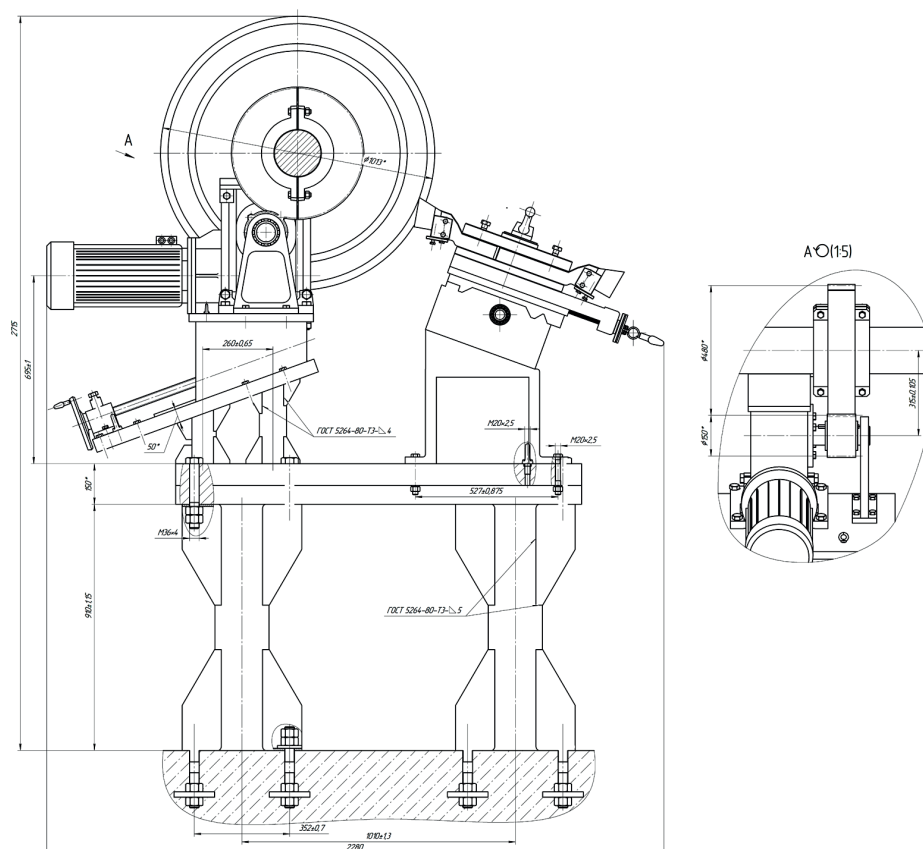


Рис. 2. Устройство для обработки колесных пар в сборе [2]

## РАЗРАБОТКА КОЛЕСОТОКАРНОГО СТАНКА ДЛЯ РЕМОНТА КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ И ВАГОНОВ БЕЗ ВЫКАТКИ

**С. Э. Баженов,**

*магистрант*

**Я. Л. Либерман,**

*доцент, канд. техн. наук*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Предложена конструкция колесотокарного станка для ремонта неприводных колесных пар без выкатки тележки; спроектирован привод колесной пары, особенностью которого является то, что передача крутящего момента от двигателя к колесной паре осуществляется посредством разрезного зубчатого колеса.

**Ключевые слова:** колесотокарная обработка, колесотокарный станок, износ колесных пар, колесная пара, железнодорожный транспорт.

## DEVELOPMENT OF A WHEEL-TURNING MACHINE FOR THE REPAIR OF WHEEL PAIRS OF LOCOMOTIVES AND WAGONS WITHOUT ROLLING OUT

**Abstract.** The design of the wheel lathe for the repair of non-driving wheel sets without rolling out the bogie is proposed; the wheelset drive has been developed, a feature of which is the transmission of torque from the engine to the wheelset, carried out by means of a split gear.

**Keywords:** wheel turning, wheel lathe, wheelset wear, wheelset, railway transport.

### Введение

Железнодорожные вагоны и локомотивы в процессе эксплуатации могут прийти в негодность, как и любой другой вид транспорта. В первую очередь изнашиваются колесные пары. Использование изношенных колесных пар небезопасно, поэтому необходимо выполнять периодическое восстановление их профиля, затратив на обработку минимум времени [1]. В связи с этим широко применяется метод ремонта колесных пар непосредственно на машине без выкатки тележки. Однако такой метод в общем случае применим для приводных секций локомотивов. Существуют станки, позволяющие производить обработку профиля неприводных колесных пар без выкатки, но они работают совместно со специальными роликами, которые стабильность условий обработки не обеспечивают. В связи с этим улучшение условий обработки колесных пар и повышение ее точности на сегодняшний день остаются нерешенными задачами ремонта локомотивов и вагонов.

Целью работы является разработка конструкции колесотокарного станка, позволяющего производить точную обработку неприводных колесных пар железнодорожного состава без их выкатывания. Для выполнения работы постав-

лены следующие задачи: анализ современного состояния механообработки колесных пар локомотивов и вагонов, разработка конструкции колесотокарного станка, разработка привода колесной пары, разработка фасонного резца, разработка порядка операций по установке разработанного оборудования в смотровой яме железнодорожного депо.

### Конструкция станка

Оборудование (рис. 1) представляет собой устройство, которое содержит колесотокарный станок, состоящий из станины 1 с закрепленным на ней электродвигателем 2 и суппорта 3 с резцедержателем 4, устанавливаемый с возможностью перемещения резцедержателя параллельно и перпендикулярно оси пары 5. Выходной вал электродвигателя 2 через редуктор 6 кинематически может быть связан с разрезным зубчатым колесом 7, а редуктор 6 установлен на станине станка 1. Для обеспечения кинематической связи колеса 7 с редуктором 6, через который оно связывается с электродвигателем 2, в корпусе редуктора 6 может быть выполнено окно, через которое последнее колесо редуктора может быть введено в зацепление с разрезным зубчатым ко-



количеств. Подземное хранение водорода — это практика хранения водорода в пещерах, соляных куполах и истощенных месторождениях нефти и газа. Также используются системы хранения водорода в виде различного типа носителей (гидриды металлов, аланаты, борогидриды, амиды) и хранение водорода в мульти капиллярных структурах [8].

**Применение водорода.** В химической промышленности основными потребителями являются предприятия, производящие аммиак. Основной областью применения водорода в металлургии является производство металлизированного сырья методом прямого восстановления железа. Сейчас в этом процессе потребляется около 320 тысяч тонн водорода. В производстве холоднокатаной стали водород применяют для создания водородной среды при отжиге стали. По сравнению с азотоводородной смесью чистый водород обладает в 6,5 раз большей теплопроводностью и более высокой восстановительной способностью. Вследствие этого в водородных колпаковых печах в два раза выше коэффициент теплопередачи, что

способствует повышению производительности печей и обеспечивает существенно лучшее качество и чистоту поверхности отжигаемого металла. Эта технология не только повышает производительность процесса, но и улучшает механические свойства отжигаемого металла. Такие технологические показатели как предел прочности и предел текучести для отожженной по НРН технологии холоднокатаной полосы ниже и, что еще важнее, меньше по разбросу вследствие более равномерного распределения температуры. Чистота поверхности полосы, отожженной в среде водорода, лучше, чем при остальных методах отжига, прежде всего при температурах менее 700 °С [9].

**Закключение.** Многие специалисты считают, что водородная экономика — это будущее мировой экономики, где водород будет более эффективным энергоносителем, чем углеводороды. Но для этого предстоит решить еще немало проблем, связанных с транспортировкой, хранением и эффективным производством. Решить задачи водородной хрупкости стали и разработать новые композитные материалы, снижающие потери при диффузии.

#### Список литературы

1. Moriarty P., Honnery D. Prospects for hydrogen as a transport fuel // International Journal of Hydrogen Energy. 2019. Vol. 44. Iss. 31. P. 16029–16037. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.04.278.
2. Ajanovic A., Haas R. Economic prospects and policy framework for hydrogen as fuel in the transport sector // Energy Policy. 2018. Vol. 123. P. 280–288. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.08.063.
3. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение / под ред. Д. Ю. Гамбурга, Н. Ф. Дубровкина. М.: Химия, 1989. 672 с.
4. Emelyanov I. G., Mironov V. I., Lukashuk O. A. Phenomenon of embrittlement in titanium shells from hydrogen exposure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 537. Iss. 2. P. 022067. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022067.
5. Emelyanov I. G., Mironov V. I., Hodak A. S. The boundary value problem of determining hydrogen concentration and the stress state in a titanium shell // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2176. P. 030005. DOI: 10.1063/1.5135129.
6. Effect of hydrogenation temperature and tensile stress on the parameters of the complete deformation diagram for steel 09G2S / V. I. Mironov, I. G. Emelyanov, D. I. Vichuzhanin et al. // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2020. Iss. 1. P. 24–33. DOI: 10.17804/2410-9908.2020.1.024-033.
7. Алексеева О. К., Козлов С. И., Фатеев В. Н. Транспортировка водорода // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. № 3 (21). С. 18–24.
8. Проблемы аккумуляирования и хранения водорода / В. Н. Фатеев, О. К. Алексеева, С. В. Коробцев и др. // Chemical problems. 2018. № 4 (16). С. 453–483.
9. Достижения в применении техники отжига в колпаковых печах [Электронный ресурс] // Черная металлургия России и стран СНГ в XXI веке: сб. науч. трудов. Т. 2. URL: <http://engineeringssystem.ru/sbornik-nauchnih-trudov-chernya-metalurgiya-rossii-i-stran-sng-tom2/dostizheniya-v-primeneniitexniki-otzhiga.php> (дата обращения: 10.12.2020).



## К ВОПРОСУ ТРАНСПОРТИРОВКИ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА

**В. В. Яковлев,**

аспирант

**Д. А. Огорелков,**

аспирант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** Водород — один из наиболее перспективных элементов для замещения углеводородов. В статье рассматриваются некоторые аспекты применения водорода в различных отраслях и отмечаются проблемы транспортировки, применения, хранения. Определяются задачи механики на пути дальнейшего распространения и применения водорода.

**Ключевые слова:** водород, транспортировка водорода, хранение водорода, водородная хрупкость.

## ON THE ISSUE OF TRANSPORTATION, STORAGE AND USE OF HYDROGEN

**Abstract.** On the Issue of Transportation, Storage and Use of Hydrogen

Hydrogen is one of the most promising elements for replacing hydrocarbons. The article discusses some aspects of the use of hydrogen in various industries and notes the problems of transportation, use, storage. The tasks of mechanics on the way of further distribution and application of hydrogen are determined.

**Keywords:** hydrogen, hydrogen transportation, hydrogen storage, hydrogen fragility.

**Введение.** Водород является наиболее распространенным элементом во Вселенной (93 %) и одним из самых распространенных на Земле. Основным источником водорода на Земле являются вода и органические соединения. Водород начинает играть роль в энергетике соизмеримо углеводородам и газу. В наше время немаловажным экологическим фактором выходят обязательства по борьбе с изменениями климата. Водород является одним из необходимых элементов для достижения этих обязательств.

Производится водород в основном из углеводородов и применяется в месте производства. Актуальна проблема создания инфраструктуры для транспортировки и хранения, использования в значительной части промышленности. Важными направлениями потребления водорода являются нефтепереработка и химическая промышленность [1; 2].

**Транспортировка водорода.** Технологии транспортировки водорода известны давно, но с повышением потребления требуют переосмысления. На наземном транспорте перевозят водород в сжатом или сжиженном состоянии. Газообразный водород обычно транспортируется в стальных цилиндрических контейнерах емкостью 20 и 24 м<sup>3</sup> под давлением до 20 МПа [3]. При транспортировке сжиженного водорода применяются автоцистерны 25 и 25 м<sup>3</sup>, при этом неизбежны потери в связи с непрерывным испарением водорода

и технологическими операциями. Одна из важных проблем механики — это обеспечение прочности цистерн различной формы для сжиженного водорода [4; 5].

Водород обычно транспортируют по трубопроводам двух видов: специальные водородные трубопроводы и трубопроводы природного газа. В существующих трубопроводах природного газа остро стоит вопрос о водородном охрупчивании [6]. Для оценки возможности транспортировки трубопроводы необходимо проверить НИОКР [7]. Такая транспортировка требует значительных вложений в строительство специальных трубопроводов поэтому имеет высокую стоимость транспортировки при малых объемах.

**Хранение водорода.** Водород хранится в виде сжатого газа или в сжиженном состоянии. Сжатый водород в водородных баках под давлением до 10 МПа. Из-за того что газообразный водород имеет малую плотность, хранить его выгодно в емкостях с малым объемом. Если повышать давление более 10 МПа, то возникают проблемы водородной хрупкости стали и удорожания конструкций. Жидкий водород в больших количествах хранят в специальных хранилищах. Жидкий водород имеет жесткие требования по хладостойкости, требуется постоянно поддерживать температуру. Еще одна проблема хранения сжиженного газа — это его испарение. Хранение водорода в жидком виде нецелесообразно для небольших

Выполним проверку влияния отдаления места прикладывания нагрузки на распределение напряжений в основании пластины (рис. 3).

Увеличение высоты  $h$  центра отверстия от нижней кромки пластины показывает, что при ее увеличении происходит равномерное распределение напряжений. Однако задача остается все еще нерешенной, так как на основании проделанных численных экспериментов нет возможности выявить геометрической зависимости оптимальной ширины пластины и ее высоты  $h$  от центра отверстия до нижнего края.

#### Список литературы

1. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин : учебное пособие. СПб. : Политехника, 2005. 423 с.
2. Соколов С. А. Строительная механика и металлические конструкции машин : учебник. СПб. : Политехника, 2011. 450 с.
3. ГОСТ 33169–2014. Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Подтверждение несущей способности. Введ. 2015–06–24. М. : Стандартинформ, 2015. 55 с.
4. СТО 24.09–5821–01–93 Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций. Введ. 1993–06–25. 136 с.
5. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81\*» (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2). Введ. 2017–02–27. М. : Стандартинформ, 2017. 140 с.
6. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М. : Наука, 1975. 576 с.

#### Выводы

Слепое увеличение ширины пластины может не обеспечивать прочностные свойства сварного шва, так как большая часть напряжений может находиться в центральной части пластины, поэтому необходима численная проверка напряжений в элементе конструкции. Полученные результаты дают основание для продолжения исследований по определению геометрической взаимосвязи оптимальной ширины пластины и ее высоты центра отверстия от нижней кромки.

усилий в опорной части пластины остается открытым и непроверенным.

Целью данной работы является поиск необходимых рекомендаций по определению длины сварного шва, чтобы предотвратить концентрацию напряжений в одном месте сварного соединения и получить равномерное распределение напряжений по всей длине сварного шва.

### Объект исследования

В качестве объекта исследования взята плоская пластина с отверстием, к которому прикладывается технологическое усилие  $F$ . В качестве условий решения задачи необходимо подобрать геометрические размеры пластины и длину  $l$  сварного шва.

В качестве инструмента исследования воспользуемся вычислительным пакетом SolidWorks Simulation, позволяющим проводить статический анализ и извлекать распределение напряжений из интересующего нас элемента конструкции (в данном случае нижняя грань пластины). Технологическое усилие  $F$  примем 470 кН, толщина

пластины  $s$  — 50 мм, диаметр отверстия — 100 мм, высота  $h$  центра отверстия от нижней грани пластины — 200 мм.

### Исследовательская (вычислительная) часть

Ввиду того, что уравнения теории упругости — это сложный математический аппарат с множеством неизвестных, который решается аналитическим методом для частных случаев или численно для более сложной геометрии, в качестве первого приближения будут рассмотрены напряжения по Мизесу в вычислительном пакете SolidWorks (рис. 2).

Как показал численный эксперимент, слепое увеличение ширины при геометрии пластины не дает значительного эффекта, так как большая часть напряжений находится в центральной части пластины, ближе всего расположенной к месту прикладывания нагрузки.

Принцип Сен-Венана гласит, что при удалении концентратора напряжений происходит равномерное распределение напряжений в сечении [6].

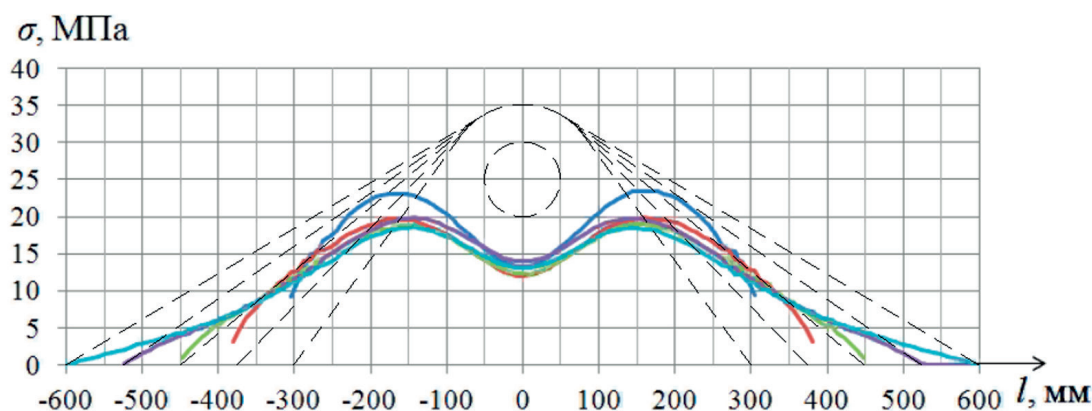


Рис. 2. Распределение напряжений по Мизесу в нижней грани пластины в зависимости от ее ширины  $l \in [600; 1200]$  мм

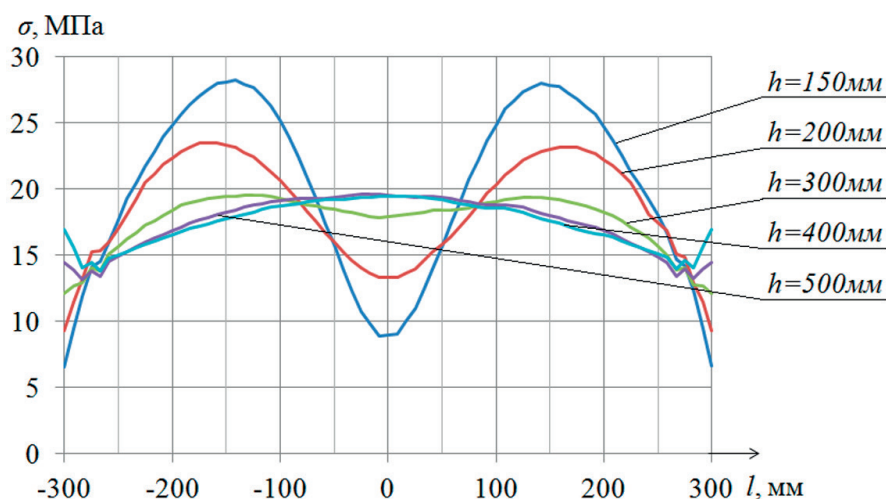


Рис. 3. Распределение напряжений по Мизесу в нижней грани пластины в зависимости от высоты  $h$  при постоянной ширине  $l$

## ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ОПОРНОЙ ЧАСТИ ПЛАСТИНЫ

**Д. А. Огорелков,**

аспирант

**М. С. Соколов,**

ст. преподаватель

**В. В. Макарова,**

аспирант

**К. А. Шалаев,**

студент

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** Рассматривается задача определения оптимальной длины сварного шва. С помощью вычислительного пакета SolidWorks показано изменение распределения напряжений в тавровом сварном шве. Результаты работы показали, что необходима численная проверка напряжений в элементе конструкции, так как ввиду геометрии пластины возможно неравномерное распределение напряжений в основании пластины, и поэтому слепое увеличение длины сварного шва может не удовлетворять требованиям по его прочности. Область исследования актуальна для расчета сварных швов элементов подъемно-транспортных машин.

**Ключевые слова:** сварной шов, тавровый шов, расчет сварных швов, напряжения, прочность.

## ASSESSMENT OF STRESS DISTRIBUTION IN THE SUPPORT PART OF THE PLATE

**Abstract.** The problem of determining the optimal length of the weld is considered. Using the SolidWorks computational package, the change in stress distribution in a tee weld is shown. The results of the work showed that it is necessary to numerically verify the stresses in the structural element, since most of the stresses can be in the central part of the plate, and therefore a blind increase in the length of the weld may not meet the requirements for its strength. The area of research is relevant for the calculation of welded seams of elements of lifting and transporting machines.

**Keywords:** welded seam, tee seam, calculation of welded seams, stress, strength.

Большинство разрушений, которые носят усталостный характер, как правило, происходят в сварных швах. Работы, нацеленные на исследование усталостных процессов, несут большей частью фундаментальный характер. Согласно отраслевым и государственным стандартам существует ряд рекомендаций по конструированию и расчету сварных швов [1–5]. Однако в данных работах в недостаточно полной степени отображаются рекомендации по расчету тавровых сварных швов, когда на привариваемый элемент действует осевая нагрузка (рис. 1). Данные элементы конструкций широко распространены как проушины грузоподъемных траверс для обеспечения взаимодействия с грузозахватным устройством, крепления ног пролетных строений козловых кранов и т. д. и требуют не менее ответственного расчета, чем несущие элементы конструкции.

В случае, когда расчетные напряжения  $\sigma$  в сварном шве больше допустимых  $[\sigma]$ , необходимо предпринимать одно из нескольких действий

или их комбинацию: увеличение длины сварного шва или изменение конструкции. Изменение конструкции есть творческий процесс, который не поддается формализации. Увеличение длины сварного шва, согласно формулам расчета напряжений в сварных швах, должно привести к уменьшению расчетных напряжений  $\sigma$ , чтобы они были меньше предельных  $[\sigma]$ , но вопрос распределения

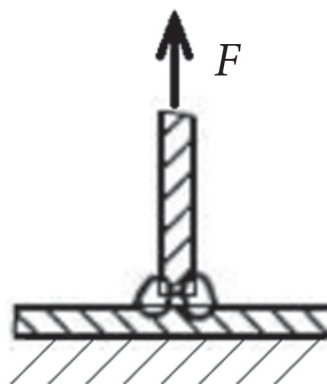


Рис. 1. Расчетная схема воздействия осевой нагрузки на тавровый шов

запаса устойчивости принимает значение 1,146, во втором — 1.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение подвижного противовеса увеличивает грузовую устойчивость башенного крана посредством увеличения грузового момента. Данная мо-

дель обеспечивает безопасность труда участников строительного процесса, повышает безопасность работы на грузовом кране за счет обеспечения устойчивости башенного крана; снижает риск воздействия человеческого фактора на управляющее воздействие краном в процессе перегруза.

#### **Список литературы**

1. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (дата обращения: 07.12.2020). 261 с.
2. Федеральная служба государственной статистики. Среднегодовая численность занятых в России по видам экономической деятельности (на начало 2019 года). URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/trud/graf1b.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/trud/graf1b.htm) (дата обращения: 07.12.2020).
3. Руководящий нормативный документ. Краны башенные строительные. Нормы расчета РД 22-166–86. Москва, ПО Строймаш 24.12.1986. Дата актуализации: 01.02.2020. 6 с.
4. Патент РФ на полезную модель № 152997 В 66 С 23/76. Башенный грузоподъемный кран / В. С. Шкрабак, А. В. Спирина и др. ; Заявка: 2014142713/11, 22.10.2014 ; Опубликовано: 27.06.2015 ; Бюл. № 18.



к определению коэффициента устойчивости башенного крана, в результате которого должно выполняться условие устойчивости:  $k \cdot M^H \leq m_0 \cdot M_{уд}$ , где  $k$  — коэффициент перегрузки, учитывающий отклонение нагрузок в неблагоприятную сторону,  $M^H$  — опрокидывающий момент от нормативных нагрузок, кН·м,  $M_{уд}$  — удерживающий момент, кН·м,  $m_0$  — коэффициент условий работы. Согласно нормам расчета и требованиям к проектированию грузоподъемных кранов значение коэффициента перегрузки  $k$ , учитывающего отклонение нагрузок в неблагоприятную сторону, должно быть в пределах:  $k = 1,15\text{--}1,4$ . При влиянии всех дополнительных нагрузок на башенный кран допускается его перегруз не более 15 %, а минимальное значение коэффициента перегруза должно соответствовать  $k = 1,15$ . Если нет влияния дополнительных нагрузок и нет уклона путей крана, то допускается перегруз его на 40 %, а коэффициент устойчивости принимают равным  $k = 1,4$ . Если коэффициент перегруза  $k$  меньше единицы, то происходит опрокидывание крана.

С целью увеличения запаса устойчивости, а также границ применимости башенного крана при неблагоприятных, а порой и опасных условиях его работы, трудовой научной школой СПбГАУ было предложено техническое решение по обеспечению безопасной эксплуатации башенного крана, отраженное в патенте на полезную модель № 152997 [3]. Устойчивость башенного крана при неучтенных дополнительных нагрузок на кран должна осуществляться посредством увеличения удерживающего момента, значение которого увеличивается благодаря перемещению подвижного противовеса по удлиненной балластной площадке (рис. 1).

На примере крана КБ-403ПС был предложен сравнительный анализ грузовой устойчивости крана до и после применения подвижного противовеса. Данные расчета вылета стрелы изображены графически на рис. 2.

При расчете опрокидывающего момента определялись такие характеристики, как максимальная масса поднимаемого груза — 8 т, максимальный вылет стрелы — 30 м. В результате опрокидывающий момент составил 240 т·м. Удерживающий момент определялся в случае использования подвижного противовеса с его перемещением на 4,5 м от оси вращения крана, как  $M_{уд} = Q_{кр} \cdot L_1 + Q_{прот} \cdot \Delta L$ , где  $\Delta L = L_2 + L_{уд}$  и без него:  $M_{уд} = Q_{кр} \cdot L_1 + Q_{прот} \cdot L_2$ . Удерживающий момент в случае с подвижным противовесом составил 275 т·м, без его передвижения — 240 т·м. В первом случае коэффициент

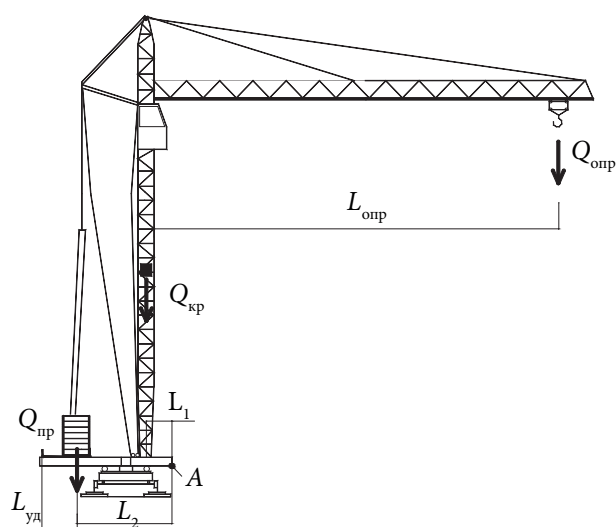


Рис. 1. Определение устойчивости грузоподъемного крана:

$Q_{опр}$  — вес опрокидывания (масса груза),  $L_{опр}$  — вылет стрелы,  $Q_{кр}$  — вес крана,  $Q_{пр}$  — вес противовеса,  $L_1$  — расстояние от башни грузоподъемного крана до ребра опрокидывания,  $L_2$  — расстояние от первоначального положения противовеса до ребра опрокидывания,  $L_{уд}$  — расстояние перемещения противовеса,  $A$  — ребро опрокидывания

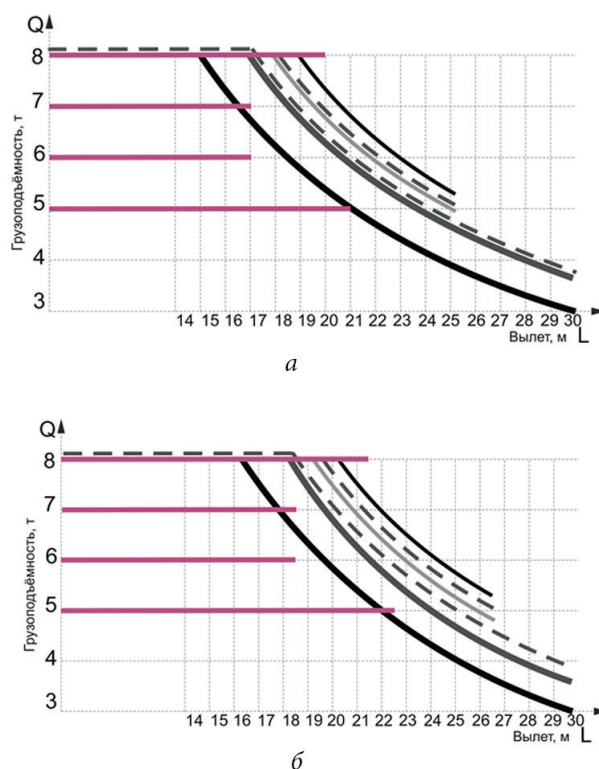


Рис. 2. График грузовой устойчивости крана КБ-403 ПС:

а — до применения подвижного противовеса;  
б — после применения подвижного противовеса



## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАШЕННОГО КРАНА

**А. В. Спирина,**

*преподаватель*

*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург*

**Аннотация.** Предложено инженерно-техническое решение конструкции башенного крана, обеспечивающее дополнительную безопасность строительного производства при его эксплуатации. Целью данного исследования является снижение опрокидывания башенного крана, вызванного случайными факторами, не учтенными при проектировании данной конструкции (погодные условия, низкая квалификация персонала, ошибки при техническом устройстве оборудования). Предложенное решение позволяет увеличить грузоподъемность башенного крана и дополнительный запас по устойчивости за счет увеличения противоопрокидывающего момента.

**Ключевые слова:** строительство, башенный кран, устойчивость.

## ENSURING THE SAFETY OF CONSTRUCTION WORK DURING THE OPERATION OF THE TOWER CRANE

**Abstract.** An engineering and technical solution for the construction of a tower crane that provides additional safety of construction production during its operation is proposed. The purpose of this study is to reduce the overturning of a tower crane caused by random factors that are not taken into account in the design of this structure (weather conditions, low qualification of personnel, errors in the technical device of equipment). The proposed solution allows you to increase the load capacity of the tower crane and an additional margin of stability by increasing the anti-roll moment.

**Keywords:** construction, tower crane, stability.

На сегодняшний день строительство относится к ряду работ, связанных с повышенной тяжестью и напряженностью трудового процесса, что в свою очередь говорит о повышенной опасности для исполнителей рабочих операций.

При наличии использования стационарно установленных грузоподъемных механизмов и подъемных сооружений, строительные площадки попадают в разряд опасных производственных объектов. По данным годового отчета о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, если рассматривать аварии, вызванные грузоподъемной техникой, то наибольшее их количество с 2015 по 2019 г. зафиксировано при эксплуатации башенных кранов, что составило 14 (47 %) из 30 аварий (100 %) [1].

В связи с изложенным следует обратить особое внимание на эксплуатацию башенного крана, входящего в разряд опасного производственного механизма, и обеспечить надежность и эффективность его работы в строительном процессе.

Цель исследования — обоснование и разработка эффективного инновационного инженер-

ного технического решения, обеспечивающего устойчивость и надежность эксплуатации грузоподъемной техники и предотвращение опасных производственных случаев.

Объектом исследования принята конструкция модели башенного крана в уменьшенном масштабе на основе проектных чертежей Ржевского краностроительного завода марки крана КБ-401. Методикой исследования предусматривается проверка общей грузовой устойчивости башенного крана согласно проектному расчёту на основе нормативного документа РД 22-166-86 «Краны башенные строительные. Нормы расчета» [2].

Для обеспечения безопасной эксплуатации башенного крана необходимо обеспечить дополнительный запас по устойчивости против опрокидывания с учетом воздействия случайных факторов и нагрузок. Согласно нормам и правилам проверка грузовой устойчивости башенного крана на противоопрокидывание осуществляется конструкторскими организациями по методике Ростехнадзора в соответствии с документом РД 22-166-86 «Краны башенные строительные. Нормы расчета». Проверка на устойчивость сводится

когда один из концов дискретной цепи закреплен, последнее уравнение в (1) имеет вид

$$\ddot{F}_n = c_n \left( \frac{F_{n-1} - F_n}{m_n} \right) + \eta_n \left( \frac{\dot{F}_{n-1} - \dot{F}_n}{m_n} \right).$$

Запишем (1) в матричной форме

$$P_1 = CM_1 F + HM_2 \dot{F} + \ddot{F}, \quad (2)$$

где  $M_1, M_2, C, H$  — матрицы масс, жесткостей, коэффициентов демпфирования.

Решения (2) в матричной форме будем искать в виде

$$F = D + \sum_{k=1}^n A_k e^{a_k t}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (2), после упрощения получим

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n (CM_i + a_k HM_i + a_k^2 E) A_k e^{a_k t} = \\ = -\ddot{D} - CM_i D - HM_i \dot{D} + P_i. \end{aligned} \quad (4)$$

Приравнявая нулю правую часть (4), найдем частное решение неординарной системы (2). Общее решение однородной системы уравнений, соответствующей (2)  $\ddot{F} + CM_i F + HM_i \dot{F} = 0$ , найдем, приравнявая нулю левую часть уравнения (4),

$$\sum_{k=1}^n (CM_i + a_k HM_i + a_k^2 E) A_k e^{a_k t} = 0. \quad (5)$$

Действительная часть решения (3) имеет вид

$$F = D + \sum_{k=1}^n X_k S_k e^{P_k t} \cos \omega_k t, \quad (6)$$

где  $X_k$  — собственный нормированный вектор матрицы  $B_i$  с собственным числом  $\lambda_k$ . Неизвестными являются величины  $S_k$ , находимые из начальных условий, а также вектор  $D$ . В частном случае, когда  $P(t) = \text{const}$  и  $Q(t) = \text{const}$  для случая двух свободных концов имеем

$$\sum_{k=1}^n X_k S_k = -(P - Q) \begin{bmatrix} \frac{n}{n+1} \\ \frac{n-1}{n+1} \\ \vdots \\ \frac{1}{n+1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Опуская промежуточные преобразования,  $i$ -й связи для однородной системы со свободными концами

### Список литературы

1. Панкратов С. А. Динамика горных машин для открытых и земляных работ. М., 1967.
2. Спиваковский А. О., Дмитриев В. Г. Теоретические основы расчета ленточных конвейеров. М., 1977. 154 с.
3. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. Изд. 5-е. М. : Физматлит, 2004. 559 с.

$$F_i = D_i - \frac{P - Q}{n+1} \sum_{k=1}^n \sin i \varphi_k \text{ctg} \frac{\varphi_k}{2} e^{P_k t} \cos \omega_k t \quad (7)$$

или

$$F_i = \frac{P - Q}{n+1} \left[ n+1 - i - \sum_{k=1}^n \sin i \varphi_k \text{ctg} \frac{\varphi_k}{2} e^{a_k t} \cos \omega_k t \right] + Q. \quad (8)$$

$$\text{где } \varphi_k = \frac{nk}{n+1}, \quad P_k = \frac{\eta}{m} (\cos \varphi_k - 1).$$

В случае консервативной системы ( $\eta = 0$ ) (8) имеет вид

$$F_i = Q + \frac{P - Q}{n+1} \left[ n+1 - i - \sum_{k=1}^n \sin i \varphi_k \text{ctg} \frac{\varphi_k}{2} \cos \omega_k t \right], \quad (9)$$

$$\text{где } \varphi_k = \frac{nk}{n+1}, \quad \omega_k = 2 \sin \frac{\varphi_k}{2} \sqrt{\frac{c}{m}}.$$

Из (6) получаем формулу для нахождения нагрузки в  $i$ -й связи для системы с одним закрепленным концом:

$$F_i = P \left( 1 - \frac{1}{n + \frac{1}{2}} \sum_{k=1}^n \sin i \varphi_k \text{ctg} \frac{\varphi_k}{2} \cos \omega_k t e^{a_k t} \right), \quad (10)$$

$$\text{где } \varphi_k = \frac{n(2k+1)}{2n+1}, \quad P_k = \frac{\eta}{m} (\cos \varphi_k - 1),$$

$$\omega_k = 2 \sin \frac{\varphi_k}{2} \sqrt{\frac{c}{m} - \frac{\eta^2}{m^2} \sin^2 \frac{\varphi_k}{2}}.$$

Для консервативной схемы уравнение (10) преобразуется к виду:

$$F_i = P \left( 1 - \frac{1}{n + \frac{1}{2}} \sum_{k=1}^n \sin i \varphi_k \text{ctg} \frac{\varphi_k}{2} \cos \omega_k t \right).$$

$$\text{где } \varphi_k = \frac{n(2k-1)}{2n+1}, \quad \omega_k = 2 \sin \frac{\varphi_k}{2} \sqrt{\frac{c}{m}}.$$

Полученные выражения могут быть использованы при решении ряда прикладных задач динамики ленточных конвейеров в эксплуатационных и аварийных режимах (пуск, торможение, заклинивание, обрыв ленты).

## К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОДОЛЬНОЙ ДИНАМИКИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСКРЕТНЫХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ

Г. Г. Кожушко,  
профессор, д-р техн. наук  
М. Д. Лукашук,  
магистрант

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** Рассматривается задача определения математической модели динамики конвейерной ленты при различных режимах эксплуатации. Для расчетов в ряде случаев конвейерная лента моделируется цепочной системой с конечным числом степеней свободы.

**Ключевые слова:** конвейерная лента, дискретизация, цепь.

## TO THE STUDY OF LONGITUDINAL DYNAMICS OF BELT CONVEYORS USING DISCRETE DISPLACEMENT SCHEMES

**Abstract.** The problem of determining the mathematical model of the conveyor belt dynamics under different operating conditions is considered. For calculations, in some cases, the conveyor belt is modeled as a chain system with a finite number of degrees of freedom.

**Keywords:** belt conveyor, sampling, chain.

Большой класс прикладных задач, возникающих при исследовании ленточных конвейеров, сводится к изучению продольной динамики в режимах пуска, торможения, заклинивания, обрыва ленты при различных видах кинематического возмущения и т. д. При этом ленту, как правило, относят к дискретизации динамических задач как упруго-вязкий стержень [1; 2]. Это приводит к описанию продольной динамики конвейера волновыми уравнениями в частных производных, которые, как правило, решаются численными методами. В некоторых случаях приближенные решения удается получить в замкнутом виде.

Использование метода конечных разностей для решения волнового уравнения в частных производных, описывающих колебания ленты как системы с распределенными параметрами, является, по существу, дискретизацией реальной системы.

В ряде случаев динамика ленточных конвейеров моделируется цепочной системой с конечным числом степеней свободы, т. е. используется метод прямой дискретизации.

При рассмотрении цепочных однородных схем замещения (или при использовании конечно-разностных аналогов симметричной структуры) эффективным оказывается применение матричных методов [3].

Для исследования продольных колебаний конвейерная лента представляется в виде однородной дискретной цепи, составленной из равных по величине масс  $m_i$ , соединенных между собой линейными упруго-вязкими элементами с коэффициентами жесткости  $c$  и демпфирования  $\eta$  [3].

К концевой массе  $m_1$  приложена возмущающая сила  $P$ , а другая масса либо жестко закреплена (что в математическом смысле равносильно  $m_{n+1} = \infty$ ), либо на нее действует сила сопротивления.

Целью работы является получение формул замкнутого вида для вычисления динамических нагрузок  $F_1$  в связях неразветвленной цепочной системы.

Движение дискретной цепи описывается системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{F}_1 - c_1 \left( \frac{P - F_1}{m_1} - \frac{F_1 - F_2}{m_2} \right) + \eta_1 \left( \frac{\dot{P} - \dot{F}_1}{m_1} - \frac{\dot{F}_1 - \dot{F}_2}{m_2} \right); \\ \ddot{F}_i - c_i \left( \frac{F_{i-1} - F_i}{m_i} - \frac{F_i - F_{i+1}}{m_{i+1}} \right) + \eta_i \left( \frac{\dot{F}_{i-1} - \dot{F}_i}{m_i} - \frac{\dot{F}_i - \dot{F}_{i+1}}{m_{i+1}} \right); \\ \ddot{F}_n - c_n \left( \frac{F_{n-1} - F_n}{m_n} - \frac{F_n - Q}{m_{n+1}} \right) + \eta_n \left( \frac{\dot{F}_{n-1} - \dot{F}_n}{m_n} - \frac{\dot{F}_n - \dot{Q}}{m_{n+1}} \right). \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

Приведенная система уравнений соответствует схеме с двумя свободными концами; в случае же,

ными при невысокой температуре и электрохимическом наводороживании. Концентрация водорода в образцах не определялась, поэтому обоснование правомерности построения концентрационно-механических поверхностей (по аналогии с термомеханическими поверхностями) при фиксированных высоких температурах остается предметом дальнейших исследований.

**Заключение.** В силовом подходе процесс дегерадации стали под действием водорода может контролироваться пределом прочности. Кинетическая кривая процесса  $\sigma_b(c)$ , выраженная в тер-

минах напряжений, согласуется с уравнениями механической задачи по определению напряженного состояния конструкции. При концентрации водорода в точке элемента конструкции меньшей  $c_{xp}$  условия разрушения будут определяться интенсивностью касательных напряжений, а при большей концентрации — интенсивностью нормальных напряжений. Поскольку до настоящего времени нет надежной и экспериментально подтвержденной теории водородной хрупкости металлов, то феноменологический подход к проблеме остается актуальным.

#### Список литературы

1. Иоффе А. Ф. Физика кристаллов. Л., 1929.
2. Дубовой В. Я., Романов В. А. Влияние водорода на механические свойства стали // Сталь. 1947. Т. 7, № 8. С. 727–732.
3. Миронов В. И., Яковлев В. В. Критерии водородной прочности металлической конструкции : сб. ст. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. С. 157–159. // Электронный научный архив УрФУ. URL: <http://hdl.handle.net/10995/80555>.
4. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М. : Высш. шк., 1967. 599 с.
5. Effect of hydrogenation temperature and tensile stress on the parameters of the complete deformation diagram for steel 09G2S / V. I. Mironov, I. G. Emelyanov, L. M. Zamaraev et al. // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2020. Iss. 1. P. 16–27. DOI: 1017804/2410–9908.2020.1.024–033.
6. Емельянов И. Г., Миронов В. И. Долговечность оболочечных конструкций. Екатеринбург : УрО РАН, 2012. 217 с.

шению металла без пластических деформаций и заметного изменения модуля упругости. Данная схема неоднократно видоизменялась, уточнялась, но значение температуры вязко хрупкого перехода оставалось важным ориентиром в расчетах металлоконструкций. Особенно при выборе подходящего критерия прочности материала и прогнозировании возможного сценария разрушения элемента конструкции.

### Схема перехода пластичного материала в хрупкое состояние под действием водорода

Не меньшее практическое значение имеет концентрация вязко-хрупкого перехода  $c_{xp}$  при низкотемпературном электрохимическом наводороживании сталей. Водород по диффузионному механизму интенсивно проникает в растянутые зоны и менее интенсивно в сжатые зоны конструкции и вызывает деградацию прочностных свойств материала (рис. 2).

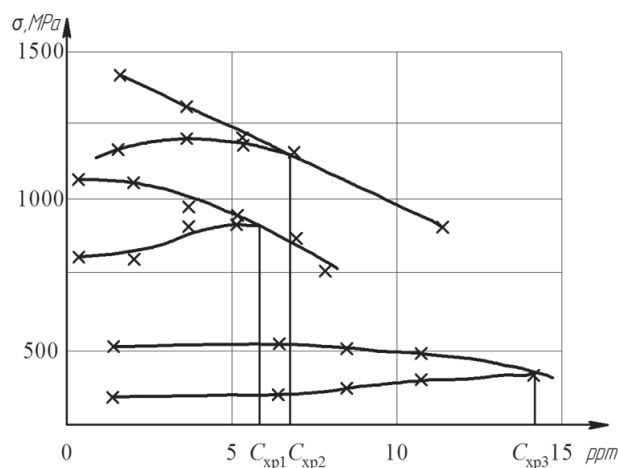


Рис. 2. Диаграмма влияния концентрации водорода: 1 — закаленная сталь 25ХНМА; 2 — отожженная сталь ШХ15; 3 — отожженная сталь 20 [2]

Левее точки пресечения кривых  $\sigma_B(c)$  и  $\sigma_T(c)$ , определяющей значение концентрации водорода  $c_{xp}$ , располагается область вязких разрушений материала, правее — область хрупких разрушений. Такая схема наглядна и хорошо описывает феноменологию вязко-хрупкого перехода в сталях при наводороживании. Если в схеме Иоффе определяющим фактором перехода была температура, то в данной схеме это концентрация водорода [3]. Если условия проведения испытаний образцов будут близкими к конкретным условиям эксплуатации конструкции, то знание  $c_{xp}$  будет полезным. Если принять гипотезу единой кривой, то схему можно использовать в расчетах элементов конструкций, работающих при невысоких (до 200 °С)

температурах. В этом случае выбор напряжений  $\sigma_B(c)$  и  $\sigma_T(c)$  в качестве параметров, контролирующих процесс вязко-хрупкого перехода в сталях, представляется вполне обоснованным.

### Высокотемпературное наводороживание по методу Сивертса

В случае высокотемпературного наводороживания по методу Сивертса ситуация осложняется в виду двоякого влияния температуры на свойства материала. Повышение температуры испытаний приводит к значительной деградации упругих и прочностных свойств конструкционных материалов [4]. С другой стороны, растет коэффициент диффузии и, следовательно, скорость изменения свойств. В наших испытаниях оценивался вклад водорода в снижение обратимых свойств стали 09Г2С при разной температуре наводороживания при постоянном давлении [5].

Испытания на растяжение малых тонкостенных образцов в жестком нагружающем устройстве позволяют оценить прочность, пластичность, трещиностойкость и энергоемкость материала по соответствующим параметрам полной диаграммы деформирования (ПДД) [6]. Испытания образцов на растяжение после вакуумного отжига и после наводороживания проводились на разрывной машине Instron 8801. Диаграмма (1) на рис. 3 построена без наводороживания при температуре 20 °С, диаграмма (2) для образцов, наводороженных при температуре 580 °С, а диаграмма (3) при температуре 900 °С в течение 2,5 часов. Наблюдается снижение предела прочности, некоторое снижение предела текучести, энергоемкости и располагаемой пластичности стали. Качественно полученный результат согласуется с данными рис. 2, получен-

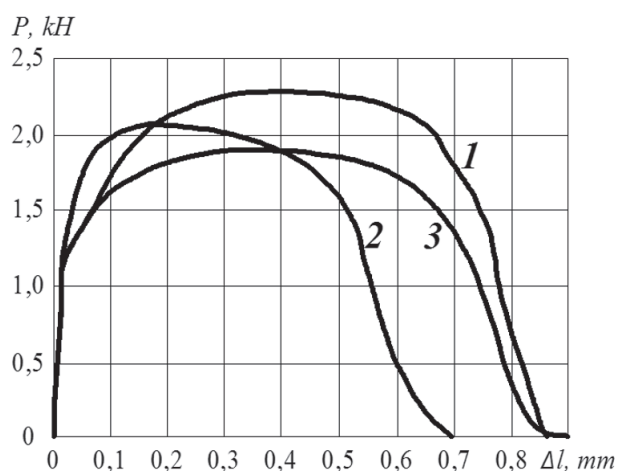


Рис. 3. ПДД стали 09Г2С: 1 — отожженный образец; 2, 3 — наводороженные образцы при температуре 580 и 900 °С и давлением 5 МПа



## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВОДОРОДА НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

**В. В. Яковлев,**

аспирант

**Д. А. Огорелков,**

аспирант

**В. И. Миронов,**

доцент

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

**Аннотация.** В решении физико-механической задачи по расчету прочности металлоконструкций используются данные об изменении свойств материала под действием эксплуатационных факторов. Экспериментальное получение таких данных является самостоятельной актуальной проблемой, если одновременно протекает несколько связанных деградационных процессов. В статье рассматривается принципиальная возможность определения параметров такого процесса под влиянием температуры и водорода. В силовом подходе используются литературные данные и результаты испытаний отожженных образцов стали 09Г2С при наводороживании методом Сиверта.

**Ключевые слова:** металлоконструкция, водород, температура, схема, материал.

## INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HYDROGEN ON MATERIAL PROPERTIES

**Abstract.** In solving the physical and mechanical problem of calculating the strength of metal structures, data on changes in material properties under the action of operational factors are used. The experimental acquisition of such data is an independent topical problem if several associated degradation processes occur simultaneously. The article discusses the fundamental possibility of determining the parameters of such a process under the influence of temperature and hydrogen. The force approach uses literature data and test results of annealed 09G2S steel samples during hydrogenation by the Sievert's method.

**Keywords:** metal structure, hydrogen, temperature, scheme, material.

**Введение.** Явление водородной дегградации эксплуатационных свойств сталей, обнаруженное более 100 лет назад, в последние десятилетия привлекает особое внимание. В статье рассматривается возможность построения схемы перехода пластичного материала в хрупкое состояние по аналогии со схемой Иоффе для низкотемпературного перехода. Для оценки состояния материала предлагается использовать полную диаграмму деформирования (ПДД) с падающей до нуля ветвью. Предполагается, что сравнение ПДД образцов в исходном и наводороженном состояниях даст более обстоятельную оценку изменения всего комплекса механических свойств материала от действия водорода.

### Схема перехода пластичного материала в хрупкое состояние при понижении температуры

Водород используется как в криогенной технике, так и в высокотемпературных установках. Потому важно иметь данные о влиянии температуры на механические свойства конструкционных материалов в широком диапазоне ее изменения.

Известная схема Иоффе иллюстрирует переход пластичного материала в хрупкое состояние при понижении температуры (рис. 1,  $T$  — шкала отрицательных температур) [1].

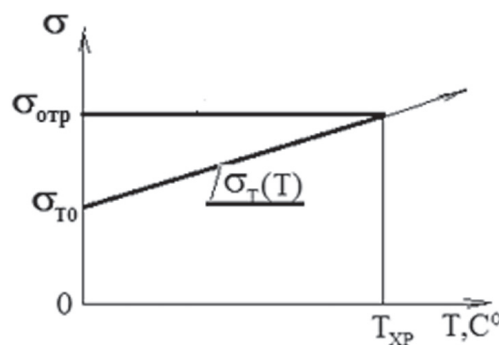


Рис. 1. Схема Иоффе для низких температур

На основании экспериментальных данных принималось, что при неизменном напряжении отрыва  $\sigma_{\text{отр}}$  снижение температуры испытаний приводит к росту предела текучести сталей  $\sigma_T(T)$ , а пересечение соответствующих зависимостей определяет температуру вязко-хрупкого перехода  $T_{\text{хр}}$ . Дальнейшее понижение температуры приводит к повышению обоих показателей и разру-



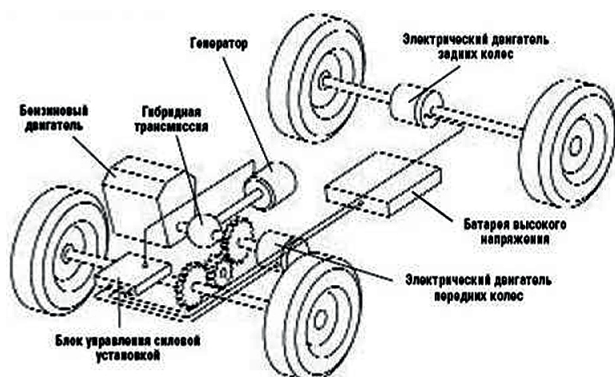


Рис. 1. Схема гибридной силовой установки

ществом является и то, что в гибридных машинах ДВС работает с большой степенью равномерности и степенью загрузки, позволяя повысить среднее значение КПД привода.

Обычные ДВС очень сильно зависят от дозировки топлива педалью газа, точнее от этого очень зависят мощность и крутящий момент. У гибридного мотора все совершенно по-другому. В машинах с ГД движение (привод) колеса осуществляется посредством электромотора и батарей (аккумуляторов). И хотя даже тут КПД двигателя зависит от оборотов, но не так существенно, как у обычного двигателя, где это заметно в разы, а всего лишь на 10–15 % колеблется КПД у ГД. Они имеют ровную тягу и крутящий момент, поэтому они разгоняются плавно и быстро, без провалов как у обычных ДВС [4].

В рамках эксперимента проводилось сравнение двух одноковшовых экскаваторов: с приводом от ДВС и от ГД [5]. Они имели одинаковую эксплуатационную массу около 21 тонн и одинаковые конструкции ходовой части, кабин, стрел, рукоятей и ковшей. Испытуемые машины были оснащены ковшами шириной 1,067 м, вместимость которых по SAE составляет 1,025 м<sup>3</sup>. Разрабатываемый грунт — в основном глина плотностью 1690 кг/м<sup>3</sup>. Испытания выполнялись опытным

оператором, который совершал характерные при работе экскаватора операции: загрузка самосвала; выемка траншеи; комплекс работ.

При загрузке самосвала и выемке траншеи эффективность использования топлива (в тоннах загруженного грунта или кубометрах вынутого грунта на литр израсходованного топлива) показатели экскаватора с ГД были выше в среднем на 33 %, чем у экскаватора с ДВС. Производительность гибридного экскаватора оказалась чуть больше благодаря меньшим затратам времени на рабочий цикл. При выполнении комплекса работ испытание показало, что у экскаватора с ГД эффективность использования топлива на 21 % выше, чем у экскаватора с ДВС. Удельная экономия топлива в случае гибридного экскаватора составила приблизительно 3,8 л/мото-час.

Таким образом, сравнивая ГД с ДВС, можно отметить, что гибридные решения действительно дают преимущество использования энергии. Это позволит строительным машинам и оборудованию работать более эффективно не только с точки зрения топливной эффективности (экономия топлива может достигать около 30 %), а также снизить количество вредных выбросов в окружающую среду. Испытания на одноковшовых экскаваторах показали, что гидравлическая система гибридного экскаватора работает быстрее, благодаря «помощи», которую мотор-генератор оказывает дизельному двигателю. Однако высокая стоимость и эксплуатационные затраты, связанные с несовершенством аккумуляторов и сложностью конструкции машины в целом, являются основными недостатками гибридных силовых установок. Несмотря на указанные недостатки, рынок транспортных средств с ГД ежегодно увеличивается, а производители постоянно работают над модернизацией аккумуляторов и конструкцией машин для снижения их стоимости.

### Список литературы

1. Что такое гибридный автомобиль. Плюсы и минусы гибридов. URL: <http://www.driver-motors.ru/aboutau-to/cto-takoe-gibridnyj-avtomobil-plyusy-i-minusy-gibridov/> (дата обращения: 20.10.2020).
2. Филькин Н. М., Усцов В. О., Коптев Д. А. Разработка системы управления гибридного легкового автомобиля // Успехи совр. естествознания. 2008. № 4. С. 139–140.
3. Баранчик В. П., Васильев В. А., Закиров М. Ф., Субботина А. С. Применение гибридного привода на самоходных машинах // Вестн. ХНАДУ. Харьков. Вып. 38. С. 187–189.
4. Сравнение ДВС, электрического и гибридного двигателей / Д. О. Булгакова и др. // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2018) : сб. ст. X Междунар. науч.-техн. конф. Курск : Университетская книга, 2018. С. 56–59.
5. «Гибрид» против обычного экскаватора. URL: <https://os1.ru/article/7697-gibrid-protiv-obychnogo-eks-kavatora> (дата обращения: 22.10.2020).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Л. Н. Ахмедова,

студент

М. Ф. Закиров,

доцент, канд. техн. наук

Ижевский государственный технический университет им. М. Т. Калашникова, Ижевск

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы энергосбережения и экологии окружающей среды. Описана конструкция гибридного двигателя и его преимущества по сравнению с двигателем внутреннего сгорания. На примере гибридного экскаватора показано снижение расхода топлива при его работе.

**Ключевые слова:** гибридный двигатель, двигатель внутреннего сгорания, силовая установка, экскаватор, топливо, выбросы.

## PROSPECTS FOR USING HYBRID ENGINES AS A POWER UNIT OF CONSTRUCTION AND ROAD MACHINES

**Abstract.** The article deals with the issues of energy conservation and environmental ecology. The design of a hybrid engine and its advantages over an internal combustion engine are described. Using a hybrid excavator as an example, a decrease in fuel consumption during its operation is shown.

**Keywords:** hybrid engine, internal combustion engine, power plant, excavator, fuel, emissions.

В последнее время человечество все чаще озадачивается вопросами о грамотном распределении ресурсов, заботе окружающей среды, сокращению вредных выбросов в атмосферу и т. п. Весь прогрессивный мир давно обеспокоен проблемами энергосбережения, так как запасы топлива на Земле не бесконечны. В современном мире строительные работы ведутся с применением подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Для обеспечения их работы необходимы десятки миллионов тонн топлива.

Помимо проблемы энергосбережения, возникает очень важный вопрос относительно экологических аспектов. Загазованность возникает в результате выброса отработанных газов из двигателей, содержащих вредные токсичные вещества: ядовитые (окись углерода и соединения свинца) и раздражающие (окислы азота и серные соединения). Происходит существенное изменение воздушной среды за счет потребления большого количества кислорода и выделения углекислого газа [1].

В настоящее время полностью ликвидировать отрицательные последствия воздействия мобильной техники на окружающую среду практически невозможно, учитывая постоянную необходи-

мость в перевозке грузов и пассажиров на любом виде транспорта. Однако выделение вредных примесей в выхлопных газах может быть сокращено в результате активного внедрения в строительную и дорожную технику альтернативы двигателю внутреннего сгорания (ДВС) — гибридного двигателя (ГД), который уже имеет широкое распространение в локомотивах, карьерных самосвалах, грузовых автомобилях и автобусах.

Гибридный двигатель — силовая установка (рис. 1), имеющая не менее двух различных преобразователей энергии (двигателей) и двух различных (бортовых) систем аккумулирования энергии для целей приведения в движение транспортного средства [1]. Гибридная силовая установка сочетает ДВС и электромотор, что обеспечивает меньший расход топлива и снижает токсичность выхлопных газов, выбрасываемых в атмосферу по сравнению с техникой, работающей исключительно на ДВС [2].

Применение ГД в качестве силовой установки строительных и дорожных машин в перспективе позволяет уменьшить расход топлива и рекуперировать энергию, улучшить экологические показатели и повысить производительность техники в целом, кроме того, они имеют малый вес и высокую мощность источника энергии [3]. Также преиму-

дукторный бесщеточный малооборотный двигатель на постоянных магнитах. Его узлы и детали не нуждаются в смазке и регулировке в течение всего периода эксплуатации. Однако такой движитель имеет недостаток — малая проходимость.

Если снегоход перемещается по плоской поверхности или рыхлому снегу, то его проходимость можно считать удовлетворительной. Однако если снегоболотоход будет перемещаться по пересеченной местности, на которой будут встречаться бугры или впадины, то его проходимость может быть недостаточной. Это обусловлено меньшей площадью сцепления движителя с грунтом.

Таким образом задача повышения проходимости шнекового движителя решается путем разделения тела полого цилиндра и оснащением его кинематической цепью из трех звеньев (рис. 2) [5].

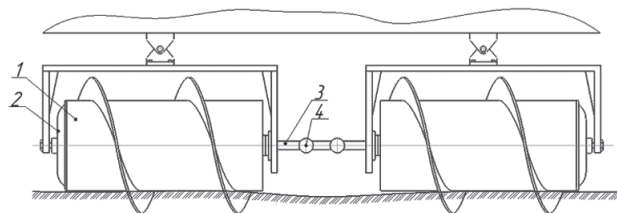


Рис. 2. Двухсекционный шнековый движитель

Такой движитель включает в себя полый цилиндр (1), охваченный винтовой спиральной лентой, крышки (2), закрепленные на противоположных торцах цилиндра, выполненных в виде велосипедных мотор-колес, и кинематическую цепь (3) из трех последовательных звеньев, связанных между собой гомокинетическими шарнирами (4).

Звенья цепи связаны между собой гомокинетическими шарнирами, а секции цилиндра закреплены на днище снегохода с помощью поворотных кронштейнов и шарниров. Таким образом появляется возможность поворота секций в плоскости, перпендикулярной днищу и параллельной их осям

(рис. 3). Конструкция для защиты от загрязнений ограждена гибким сильфоном.

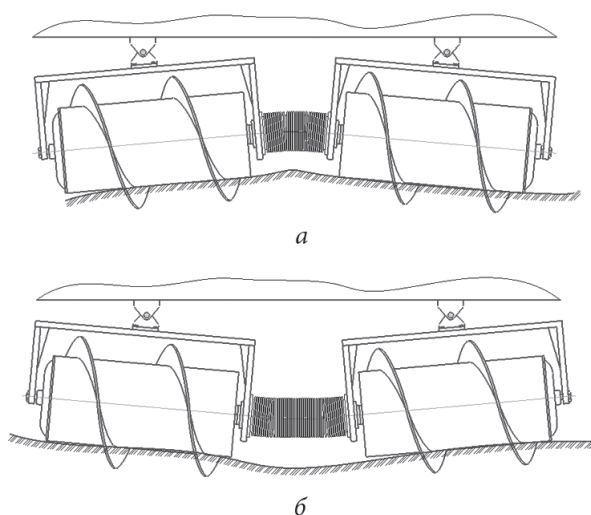


Рис. 3. Двухсекционный шнековый движитель:  
а — над горкой; б — над впадиной

При перемещении снегоболотохода с движителями предложенной конструкции по плоской поверхности ось цилиндра будет оставаться прямой. Если же на поверхности имеется бугор или впадина, то ось цилиндра изогнется под тяжестью снегохода, полуоси его секций установятся под углом, обеспечивающим сохранение сцепления движителя с поверхностью перемещения. Поскольку шарниры являются гомокинетическими, скорости вращения секций снегоболотохода при изгибах оси цилиндра будут одинаковыми. Зона сцепления движителя при перемещении снегоболотохода по ровной или рельефной поверхности будет всегда почти одинаковой, а значит, проходимость снегохода при попадании его на неровную поверхность ухудшаться не будет.

Таким образом, при применении данной конструкции в снегоболотоходах будет решена задача повышения и стабилизации проходимости машины.

#### Список литературы

1. Шонохова Н. А., Либерман Я. Л., Лукашук О. А. Конструктивные особенности шнековых движителей и обоснование их выбора в различных эксплуатационных условиях // Технолог. оборудование для гор. и нефтегаз. промышленности : сб. тр. XVII Международ. науч.-техн. конф. 2019. С. 469–472.
2. Шонохова Н. А. Разработка принципов построения малогабаритного снегоболотохода с дистанционным управлением [Электронный ресурс] : маг. дис. Екатеринбург, 2018. 174 с. URL: <http://hdl.handle.net/10995/61297>
3. Шнековый движитель : пат. № 167625 Рос. Федерация : F16S / Либерман Я. Л., Шонохова Н. А. ; патентообладатель Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Заявл. 28.03.2016 ; опубл. 10.01.2017 ; Бюл. № 1.
4. Шнековый движитель : пат. № 161941 Рос. Федерация : F16S / Либерман Я. Л., Шонохова Н. А. ; патентообладатель Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Заявл. 21.12.2015 ; опубл. 20.05.2016 ; Бюл. № 14.
5. Шнековый движитель : пат. № 199079 Рос. Федерация : F16S / Либерман Я. Л., Шонохова Н. А., Горбунова Л. Н. ; патентообладатель Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Заявл. 16.10.2019 ; опубл. 12.08.2020 ; Бюл. № 23.

## РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОГО ШНЕКОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

**Н. А. Шонохова<sup>1</sup>,**

*аспирант*

**Я. Л. Либерман<sup>1</sup>,**

*доцент, канд. техн. наук*

**Л. Н. Горбунова<sup>2</sup>,**

*доцент, канд. техн. наук*

**О. А. Лукашук<sup>1</sup>,**

*доцент, канд. техн. наук*

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск

**Аннотация.** Предложены конструктивные варианты шнековых движителей с уменьшением массы машины в целом, что достигается путем расположения двигателя внутри движителя. Разработан вариант движителя состоящий из двух изолированных секций, связанных между собой цепью из трех последовательных звеньев. Основная конструктивная особенность состоит в том, что звенья цепи связаны между собой гомокинетическими шарнирами, а секции цилиндра закреплены на днище шнекохода с помощью поворотных кронштейнов и шарниров. Таким образом появляется возможность поворота секций в плоскости, перпендикулярной днищу и параллельной их осям.

**Ключевые слова:** шнековый движитель, двухсекционный шнековый двигатель, мотор-колесо, гомокинетический шарнир.

## DESIGNING SMALL-SIZE SCREW PROPELLERS OF INCREASED CROSS-COUNTRY CAPACITY

**Abstract.** Design variants of screw propellers are proposed with a reduction in the mass of the machine as a whole, which is achieved by placing the engine inside the propulsor. A variant of the engine consisting of two isolated sections connected by a chain of three consecutive links was developed. The main design feature is that the chain links are connected by homokinetic hinges, and the cylinder sections are fixed to the bottom of the auger using rotary brackets and hinges. This makes it possible to rotate sections in a plane perpendicular to the bottom and parallel to their axes.

**Keywords:** screw propeller, two-section screw motor, motor-wheel, homokinetic joint.

В настоящее время существует множество конструкций шнековых движителей и подвесок для них. Большинство машин с использованием таких движителей имеют большие габаритные размеры и массу, так как управление осуществляется человеком-оператором из кабины. Для устранения указанных недостатков необходимо вывести оператора за пределы машины, управление сделать дистанционным и разместить двигатель внутри движителя. В результате получится уменьшить габаритные размеры и массу снегоболотохода, а значит, сделать его малогабаритным [1; 2].

Существует несколько вариантов размещения двигателя внутри движителя: размещение шагового [3] или регулируемого электродвигателей, а также возможно использование шнековых дви-

жителей малых размеров с использованием велосипедных мотор-колес (рис. 1) [4].

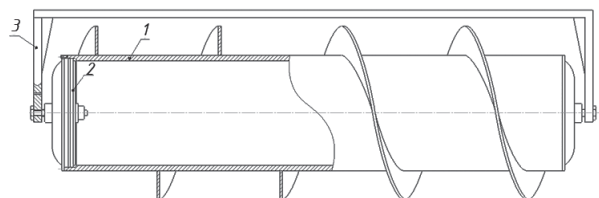


Рис. 1. Движитель с использованием велосипедных мотор-колес

Такой движитель включает в себя полый цилиндр (1), охваченный винтовой спиральной лентой, крышки (2), выполненные в виде велосипедных мотор-колес и кронштейн (3). Такие мотор-колеса имеют вид дисков, внутри которых имеется безре-

дачах диффузии водорода различают четыре вида граничных условий [5].

**Заключение.** Интегрирование дифференциальных уравнений диффузии тепла и водорода при выбранных начальных и граничных условиях позволяет найти распределение температуры и концентрации водорода в теле в любой момент

времени, в том числе и в стационарном состоянии. Далее необходимо определить новые свойства материала, отвечающие найденным стационарным состояниям, решить задачу упругости с новыми свойствами материала и оценить работоспособность конструкции.

#### Список литературы

1. Колачев Б. А. Водородная хрупкость металлов. М. : Металлургия, 1985. 216 с.
2. Emeļjanov I.G., Mironov V.I., Lukashuk O. A. Phenomenon of embrittlement in titanium shells from hydrogen exposure // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. № 537. 022067IOP Publishing doi: 10.1088/1757-899X/537/2/0220671.
3. Амензаде Ю. А. Теория упругости : учебник для университетов. Изд. 3-е, доп. М. : Высш. школа, 1976. 272 с.
4. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М. : Высшая школа, 1967. 599 с.
5. Бекман И. Н. Математика диффузии : учеб. пособие. М. : ОнтоПринт, 2016. 400 с.



(тепла, массы, концентрации, импульса) и движущими силами (градиентами температур, концентраций и пр.).

В расчетной практике задачи переноса тепла, диффузии водорода и расчета напряженного состояния рассматривают, как правило, отдельно. Основанием служит значительная разница физических времен процессов или скорости их протекания и времени достижения стационарного состояния. Процесс перераспределения напряжений в твердом теле считают мгновенным. Процесс переноса тепла считают быстрым по сравнению с процессом диффузии водорода. Поэтому алгоритм решения комплексной физико-механической задачи строится следующим образом. Сначала решается краевая задача по определению поля напряжений в теле от внешней нагрузки без учета влияния температуры и водорода. При наличии экспериментальных данных уточняется значение коэффициента диффузии водорода в зависимости от величины растягивающих напряжений.

Затем решается задача теплопроводности и определяется стационарное поле температур  $T(t)$ , влияющее на коэффициент  $D$  диффузии в соответствии с законом Аррениуса. Далее, при установившейся температуре, решается диффузионная задача по распределению концентрации водорода в теле, влияющей на свойства материала конструкции. Экспериментально устанавливается зависимость механических свойств от температуры и концентрации водорода [2] и решается новая (линейная или нелинейная) краевая задача по определению поля напряжений и их инвариантов. Наконец, по тому или иному критерию предельного состояния оценивается работоспособность, несущая способность, конструкционная прочность.

Условия эксплуатации, способ наводороживания и геометрия тела определяют начальные и граничные условия для нахождения постоянных интегрирования при решении дифференциальных уравнений краевых задач.

### Математическая формализация задач

**Задача теории упругости.** Металлические конструкции рассчитывают на работу в области упругих деформаций. Напряженно-деформированное состояние отдельного элемента описывает система пятнадцати дифференциальных уравнений второго порядка эллиптического типа в частных производных. Компоненты деформаций и напряжений в точке тела могут быть выражены через

три компоненты перемещений, для нахождения которых имеется дифференциальное уравнение [3]

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x_j} + \mu \Delta u_j = 0,$$

где  $\lambda, \mu$  — постоянные Ляме,  $\theta$  — объемная деформация,  $\Delta = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ .

$$\Delta = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}.$$

Граничные условия задаются в перемещениях. Далее находятся деформации и по закону Гука напряжения, их инварианты.

**Задача теплопроводности.** Изменение температуры в любой точке тела за счет теплопроводности описывается уравнением параболического типа [4]

$$\rho c_t \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\lambda \text{grad}(T)),$$

где  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $c_t$  — теплоемкость Дж/(кг·К);  $\rho$  — плотность тела.

В зависимости от постановки задачи теплопроводности обычно используют три рода граничных условий. Условия первого рода заключаются в том, что в каждый момент времени на поверхности оболочки необходимо задать распределение температуры. Условия второго рода основаны на том, что задается тепловой поток через поверхность тела. Для условий третьего рода задаются температура окружающей среды  $T$  и закон теплообмена между поверхностью тела и средой.

**Задача диффузии водорода.** В общем случае трехмерной диффузии уравнение процесса, выражающее второй закон Фика, также является параболическим

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) = D \text{div}(\text{grad}c),$$

где  $D$  — коэффициент диффузии (найденный с необходимыми уточнениями в конкретном случае), который характеризует эффективность диффузионного перемещения исследуемого вещества и имеет размерность м<sup>2</sup>/с.

Начальное условие для решения дифференциального уравнения состоит в задании концентрации вещества в начальный момент времени (обычно при  $t = 0$ ) в виде функции координат  $c(x, y, z, 0) = f(x, y, z)$ . В частном случае:  $c(x, y, z, 0) = c(0) = \text{const}$ , или  $c(0) = 0$ . Граничные условия характеризуют значение заданной функции  $c(x, y, z)$  на границе тела для любого момента времени. В за-



## ЗАДАЧА ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НАВОДОРОЖЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

**В. В. Яковлев,**

*аспирант*

**Д. А. Огорелков,**

*аспирант*

**В. И. Миронов,**

*доцент*

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург*

**Аннотация.** Оценка конструкционной прочности изделий, контактирующих с водородосодержащей средой, является одной из актуальных проблем механики, физики и металловедения. В статье обсуждается алгоритм решения данной комплексной физико-механической задачи. Приводятся общие уравнения задачи по расчету полей напряжений, температур и концентрации водорода в элементе конструкции и виды граничных условий. Отмечается сильная зависимость коэффициента диффузии от условий эксплуатации, температуры и растягивающих напряжений.

**Ключевые слова:** водород, теплопроводность, диффузия, упругость.

## THE PROBLEM OF ESTIMATING THE PERFORMANCE OF A HYDROGENATED CONSTRUCTION

**Abstract.** An assessment of the constitution strength of products in contact with the hydrogen-containing environment is one of the most actual problem of mechanics, physics and metal science. The algorithm for solving this complex physical and mathematical problems is discussed in the article. The general equations of the voltage field tasks, temperatures and hydrogen concentration in a structural element and types of boundary conditions are given. A strong dependence of the diffusion coefficient on operating conditions, temperature and tensile stresses is noted.

**Keywords:** hydrogen, thermal conductivity, diffusion, elasticity.

**Введение.** На каждом из этапов «жизненного цикла» водорода (производство, транспортировка, хранение, использование) возникают проблемы прочности элементов оборудования, контактирующих с водородом или водородосодержащей средой. Водород вызывает деградацию механических свойств материала конструкций: снижаются предел прочности, параметры пластичности, ударная вязкость, работа разрушения, показатели длительной статической и усталостной прочности [1]. В результате на газопроводном транспорте ежегодно происходит свыше 100 аварий с выходом продукта. Поэтому оценка конструкционной прочности изделий, контактирующих с водородосодержащей средой, остается актуальной проблемой.

Оценка прочности реальной конструкции при одновременном воздействии рабочих нагрузок, температуры и водорода связана с решением комплексной физико-механической задачи [2]. Диффузионные процессы распространения тепла и водорода в твердом теле описываются уравнениями

математической физики в частных производных. Методы получения аналитических и численных решений дифференциальных уравнений развиты достаточно хорошо, но проблема осложняется тем, что физико-механическая задача оказывается связанной. Температура и водород меняют свойства материала и, следовательно, напряженное состояние конструкции при неизменных нагрузках. В свою очередь, механические напряжения, особенно растягивающие, влияют на скорость диффузионных процессов. Для данных процессов не простую самостоятельную задачу представляет постановка начальных и граничных условий.

### Общий алгоритм решения физико-механической задачи

В строгой постановке задачи связь между одновременно идущими процессами устанавливается в рамках термодинамики необратимых процессов, с использованием линейных соотношений Онзагера между потоками различных субстанций

метод графоаналитического анализа [1; 2]. В результате кинематического анализа получены имитационные модели механизмов, представляющие собой системы алгебраических и тригонометрических уравнений для определения координат и скоростей точек звеньев, установлены зависимости для расчета кинематических передаточных функций механизмов, характеризующих соотношения между скоростными параметрами выходных и ведущих (гидроцилиндров) звеньев механизмов.

Получены зависимости для определения кинематических передаточных функций главных механизмов.

В общем виде выражения для передаточных функций главных механизмов составят:

$$\Phi_{V_i} = \frac{V_{\text{вых},i}}{V_{\text{вед},i}} = f_1(l_i, \phi_i),$$

$$\Phi_{F_i} = \frac{F_{\text{вых},i}}{F_{\text{вед},i}} = f_2(l_i, \phi_i, F_{ci}),$$

где  $\Phi_{V_i}, \Phi_{F_i}$  — кинематическая и динамическая передаточная функции  $i$ -го механизма;  $V_{\text{вых},i}, V_{\text{вед},i}$  — скорости выходного и ведущего звеньев  $i$ -го механизма;  $F_{\text{вых},i}, F_{\text{вед},i}$  — усилия, действующие на выходном и ведущем звеньях  $i$ -го механизма;  $l_i$  — размеры (длины) звеньев  $i$ -го механизма;  $\phi_i$  — угловые соотношения между звеньями  $i$ -го механизма;  $F_{ci}$  — силы сопротивления, действующие на выходном звене  $i$ -го механизма.

Установлено, что скорости ведомых звеньев и усилия, действующие на ведомых звеньях,

а также механические характеристики рычажных механизмов в целом изменяются в широком диапазоне в течение рабочего хода и зависят от относительных положений звеньев механизмов. При этом механические характеристики некоторых механизмов не соответствуют закономерностям изменения внешних нагрузок. Так, в механизме поворота ковша усилия на режущей кромке ковша возрастают при выдвижении штока гидроцилиндра примерно на половину рабочего хода, а затем уменьшаются. Следовательно, механическая характеристика рассматриваемого механизма поворота ковша не обеспечивает соответствия между значениями силовых параметров, реализуемых на ковше, и режимом нагружения механизма, характеризующимся ростом величины внешних нагрузок в процессе копания. Следовательно, при экскавации породы в конце рабочего хода гидродвигатель будет перегружаться, что может привести к срабатыванию предохранительного клапана и прекращению рабочего процесса.

На основе имитационных моделей механизмов рабочего оборудования гидравлических экскаваторов получены выражения для определения кинематических передаточных функций механизмов. Анализ кинематических передаточных функций позволяет оценить режимы работы механизмов рабочего оборудования гидравлических экскаваторов и определить степень совершенства конструктивных схем механизмов, т. е. соответствия передаточных функций условиям функционирования механизмов.

### Список литературы

1. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин. М. : Наука, 1979. 576 с.
2. Комиссаров А. П., Шестаков В. С. Имитационная модель функционирования рабочего оборудования гидравлического экскаватора // Горное оборудование и электромеханика. 2013. № 8. С. 20–24.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЛАВНЫХ МЕХАНИЗМОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

**С. А. Хорошавин<sup>1,2</sup>,**

доцент

**О. С. Бормотова<sup>2</sup>,**

магистрант.

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет, Екатеринбург

**Аннотация.** Показано, что соотношения между энергосиловыми параметрами, реализуемыми на ведущих звеньях (штоках гидроцилиндров) главных механизмов (механизмов поворота стрелы, поворота рукояти и поворота ковша), и параметрами выходных звеньев (стрела, рукоять и ковш) определяются кинематическими и динамическими свойствами главных механизмов, представляющими собой рычажно-гидравлические механизмы. Введено понятие передаточной функции, т. е. функциональной зависимости между параметрами выходных и ведущих звеньев рычажно-гидравлических механизмов.

**Ключевые слова:** рычажно-гидравлические механизмы, ведущие и выходные звенья, передаточные функции.

## DETERMINATION OF MODE PARAMETERS OF THE MAIN MECHANISMS OF HYDRAULIC EXCAVATORS

**Abstract.** It is shown that the relationship between the power parameters realized on the driving links (hydraulic cylinder rods) of the main mechanisms (mechanisms for boom rotation, arm rotation and bucket rotation), and the parameters of the output links (boom, stick and bucket) are determined by the kinematic and dynamic properties of the main mechanisms, which are lever-hydraulic mechanisms. The concept of transfer function is introduced — the functional relationship between the parameters of the output and driving links of lever-hydraulic mechanisms.

**Keywords:** lever-hydraulic mechanisms, driving and output links, transfer functions.

Качество создаваемых механизмов и машин в значительной мере определяется степенью использования методов теории механизмов и машин. Чем более полно будут учтены при проектировании и расчетах кинематические и динамические характеристики механизмов, тем совершеннее будут конструкции машин.

Цель исследования — обоснование рациональных геометрических параметров рычажно-гидравлических механизмов, обеспечивающих заданный закон движения рабочего органа.

Задачи, решаемые в данной работе:

- проведение кинематического анализа механизмов;

- установление взаимосвязей между скоростными параметрами ведущего звена (гидроцилиндра) и выходных звеньев (стрела, рукоять, ковш).

Объектом исследования являются главные механизмы рабочего оборудования гидравличе-

ского экскаватора — механизмы поворота стрелы, рукояти и ковша.

Предмет исследования — определение кинематических характеристик механизмов рабочего оборудования.

Главные механизмы рабочего оборудования представляют собой силовые агрегаты, в которых двигатель поступательного движения (гидроцилиндр) является одновременно составной частью механизма в виде двух звеньев — цилиндра и штока. В этом случае при работе силового агрегата соотношения между параметрами механической энергии гидродвигателей и энергосиловыми параметрами, реализуемыми на выходных звеньях механизмов, зависят от вида структурной схемы рычажно-гидравлических механизмов, диапазона изменения обобщенных координат и скоростей и, соответственно, положений и угловых скоростей звеньев.

При проведении кинематического анализа рычажно-гидравлических механизмов использован



Рис. 1. Мульчер на базе мини-погрузчика KOMATSU

Достоинства ледоскалывающей фрезы перед химическим способом уборки ледяных отложений:

- большая производительность в сравнении с производительностью при ручном труде и применении реагентов;
- малые затраты ресурсов;
- отсутствие влияние химических реагентов на окружающую среду;

#### Список литературы

1. Ružinskas A., Bulevičius M., Sivilevičius H. Laboratory investigation and efficiency of deicing materials used in road maintenance // *Transport*. 2016. № 31. P. 147–155. doi: 10.3846/16484142.2016.1190787.
2. Ганжа В. А. Обоснование конструкции и основных параметров дискового режущего инструмента для разрушения снежно-ледяных образований : дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2011. 185 с.
3. Механическое разрушение прочных снежно — ледяных образований дисковым режущим инструментом / В. А. Ганжа, Ю. Н. Безбородов, Ю. Ф. Кайзер и др. // *Изв. Самар. науч. центра Рос. академии наук*. 2012. № 1–2. С. 360–363.
4. Закиров Е. А. Применение модернизированной малогабаритной фрезы для удаления льда и уплотненного снега // *Химия. Экология. Урбанистика* : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников с международ. участием (Пермь, 19–20 апреля 2018) / отв. ред. М. Ю. Петухов. Пермь : ПНИПУ, 2018. С. 386–391.
5. Закиров Е. А., Янковский Л. В. Модернизация фрезерного оборудования мини-погрузчика МКСМ-800 для всесезонной работы. *Химия. Экология. Урбанистика* : материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников с международ. участием (Пермь, 18–19 апреля 2019 г.) / отв. ред. В. В. Вольхин. Пермь : ПНИПУ, 2019. С. 91–95.

— многофункциональность машины — возможность выполнения различных работ при быстрой смене рабочего оборудования в любое время года.

В настоящее время присутствует необходимость работы специализированной техники на узких просторах городской среды, что ведет к применения малогабаритной техники. Однако требуется эксплуатация данной техники круглогодично, без простоев. Это требует определенных доработок и модернизаций в конструкциях не только самих машин, но и рабочего оборудования. Применение конструкций мульчеров с определенными доработками позволит производить работы по уборке снежно-ледяных отложений во дворах, где крупногабаритная техника не сможет работать. Возможность смены мульчера на ковш или отвал позволит применять минипогрузчик как многоцелевую машину, что увеличит производительность труда и уменьшит расходы ресурсов.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ФРЕЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ СНЕЖНО-ЛЕДОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

К. Г. Пугин<sup>1,2,3</sup>,  
доцент, д-р техн. наук  
Е. А. Закиров<sup>1</sup>,  
аспирант  
И. Э. Шаякбаров<sup>1</sup>,  
аспирант

<sup>1</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь

<sup>2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д. Н. Прянишникова, Пермь

<sup>3</sup>Пермский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Пермь

**Аннотация.** Предлагается модернизация конструкции мульчера для работы не только с грунтом, но и с ледовыми отложениями. Данная модернизация позволит получить многофункциональное приспособление, превращающее мини-погрузчик в многофункциональную машину. Таким образом машину можно использовать круглогодично. Поэтому модернизация фрезерного оборудования мини-погрузчика для всесезонной работы является актуальной.

**Ключевые слова:** мульчер, фреза, ледовые отложения, грунт, коммунальные машины.

## THE PROBLEM IS A MECHANICAL CLEANING OF SNOW-ICE FORMATIONS FROM THE SURFACES OF SIDEWALKS

**Abstract.** It is proposed to upgrade the design of the mulcher to work not only with soil, but also with ice deposits. This upgrade will allow you to get a multifunctional device that turns a mini loader into a multifunctional machine. This way the machine can be used all year round. Therefore, the modernization of mini-loader milling equipment for all-season operation is relevant.

**Keywords:** mulcher, ice deposits, soil, utility vehicles.

Одной из важнейших проблем в области жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) является зимняя уборка снежных льдообразований, в частности уборка придворовых территорий и тротуаров. Данные места труднодоступны крупногабаритной технике из-за заставленности машинами или небольшими габаритами.

На данный момент эту проблему в большей части решают путем применения различных реагентов, после которых спрессованный снег и лед подтаивают, превращаясь в рыхлую массу, которая в дальнейшем убирается вручную. Однако у данного способа имеется ряд минусов: негативное влияние реагентов на окружающую среду, малая производительность при больших затратах ресурсов, долгое время реакции реагентов с ледяной массой и т. д. [1].

Другой способ — механизация процесса путем применения малогабаритной техники, таких как мини-погрузчик. Данный вид техники позволяет производить широкий спектр работ благодаря

большому количеству сменного оборудования. А из-за небольших габаритов данный вид техники способен работать в стесненных условиях.

Однако среди рабочего оборудования данной техники нет такого, способного разрушать твердый слой снежных льдообразований. Однако имеется приспособление под названием «мульчер» (рис. 1). Данное оборудование измельчает корневую систему, оставшуюся после вырубki лесов, в мелкую фракцию и перемешивает ее с грунтом. Главным компонентом мульчера является резец.

Предлагается использовать данный мульчер для разработки оборудования под названием «ледоскалывающая фреза» для уборки снежно-ледяных отложений. Для этого необходимо модифицировать некоторые узлы базового оборудования, усилить конструкцию, проработать форму резца и определить материал для его изготовления. При этом принцип работы фрезы не будет отличаться от принципа работы мульчера [3].



Положение кранового оборудования и груза контролируется информационной системой, включающей датчики угла поворота платформы  $\varphi$ , длины  $l$  и угла наклона стрелы  $\alpha$ , датчик длины каната, а также вторичные преобразователи и линии связи. Согласно заложенной математической модели крана блок определения допустимой нагрузки рассчитывает значение  $P_{\text{доп}}$  для текущего пространственного положения машины. Для определения текущей нагрузки  $F_T$  могут быть использованы различные системы датчиков, производящих измерения как прямыми [1–3], так и косвенными [4; 5] методами. Устройство сравнения и определения запасов устойчивости может оперировать как непосредственно величинами  $P_{\text{доп}}$  и  $F_T$ , так и связанными с ними параметрами (расстояние от центра масс до ребра опрокидывания, давление

в опорных гидроцилиндрах [5]). Параметры выбирают таким образом, чтобы привод имел заданное быстродействие, допустимые сдвиги по фазе, определяющие динамические свойства контура управления [6].

Таким образом, система, построенная по рассмотренному принципу (см. рис. 2), обеспечивает согласованную работу исполнительных приводов с точки зрения устойчивости к опрокидыванию и безопасной траектории перемещения, практически исключая создание аварийных ситуаций без отключения рабочих механизмов и остановки выполняемых грузоподъемных операций. Оптимизация производительности и энергоэкономичности достигается путем автоматизации процессов регулирования скоростных и мощностных режимов работы механизмов крана.

### Список литературы

1. Пат. на изобретение № 2309112 РФ. Способ управления грузоподъемным краном и устройство для его реализации / М. И. Затравкин, Л. С. Каминский, Д. И. Маш и др. ; заявл. 03.03.2006 ; опубл. 27.10.2007 ; Бюл. № 30.
2. Пат. на изобретение № 2448037 РФ. Ограничитель нагрузки грузоподъемной или строительной машины / В. А. Коровин, К. В. Коровин; заявл. 07.09.2010 ; опубл. 20.04.2012 ; Бюл. № 11.
3. Пат. на изобретение № 2457170 РФ. Способ управления грузоподъемным краном и система для его реализации / Ю. Б. Тихонов ; заявл. 11.03.2011 ; опубл. 27.07.2012 ; Бюл. № 21.
4. Редькин А. В., Сорокин П. А. Методы обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при ненормируемых внешних воздействиях // Строит. и дорож. машины. 2016. № 9. С. 16–19.
5. Редькин А. В., Сорокин П. А., Ильин В. С. Система контроля грузовой устойчивости мобильных грузоподъемных машин // Строит. и дорож. машины. 2017. № 8. С. 16–19.
6. Редькин А. В. Способ управления стреловым краном с учетом дополнительных динамических нагрузок // Изв. Тул. гос. ун-та. Техн. науки. 2013. № 12. Ч. 1. С. 238–244.

на,  $G_{кр}$  — вес крана,  $\gamma$  — угол наклона опорного контура по отношению к горизонтали,  $W$  — ветровая нагрузка на кран и на груз,  $k$  — коэффициент запаса, который согласно правилам Госгортехнадзора должен составлять не менее 1,15.

Патентный анализ показывает, что в настоящее время ведутся работы в направлении интеграции и расширения функций систем управления и защиты. Способ и устройство по [1] предполагают мониторинг положения и состояния кранового оборудования в течение всего рабочего цикла для отключения приводов по фактору перегрузки либо по фактору ограничения перемещений. Управляющее устройство [2] выполнено с возможностью плавного или скачкообразного изменения предельно допустимой величины нагрузки в зависимости от времени, режима или стадии нагружения машины. В системе [3] управление гидрораспределителями производится согласно результатам сравнения фактических и заданных скоростей изменения вылета и высоты подвеса крюка, в зависимости от параметров ограничения рабочих операций, возможности их совмещения, исходя из условия обеспечения безопасности работы. Система контроля устойчивости [4] осуществляют мониторинг текущего положения центра масс (или равнодействующей всех сил) относительно

ребра опрокидывания с целью определения запаса устойчивости, определяемого степенью приближения точки приложения этой равнодействующей к границам опорного контура.

Оптимизация рабочего цикла предполагает два направления: оптимизацию траектории перемещения и оптимизацию скоростных режимов приводных гидродвигателей. Целью создания комплексной системы является недопущение создания аварийных ситуаций без отключения рабочих механизмов путем формирования оптимальных алгоритмов функционирования каждого из рабочих механизмов с учетом влияния каждого на безопасное выполнение грузоподъемных работ.

Для достижения этой цели необходимо решить задачу синтеза системы управления рабочими механизмами (рис. 2), предусматривающей:

1. Определение в каждый момент времени допустимых значений скоростей, ускорений перемещения элементов оборудования крана.
2. Формирование в соответствии с п. 1 управляющих воздействий, обеспечивающих отработку заданной траектории в оптимальном скоростном режиме.
3. Организация обратной связи, осуществляющей контроль правильности отработки системой управляющих воздействий.

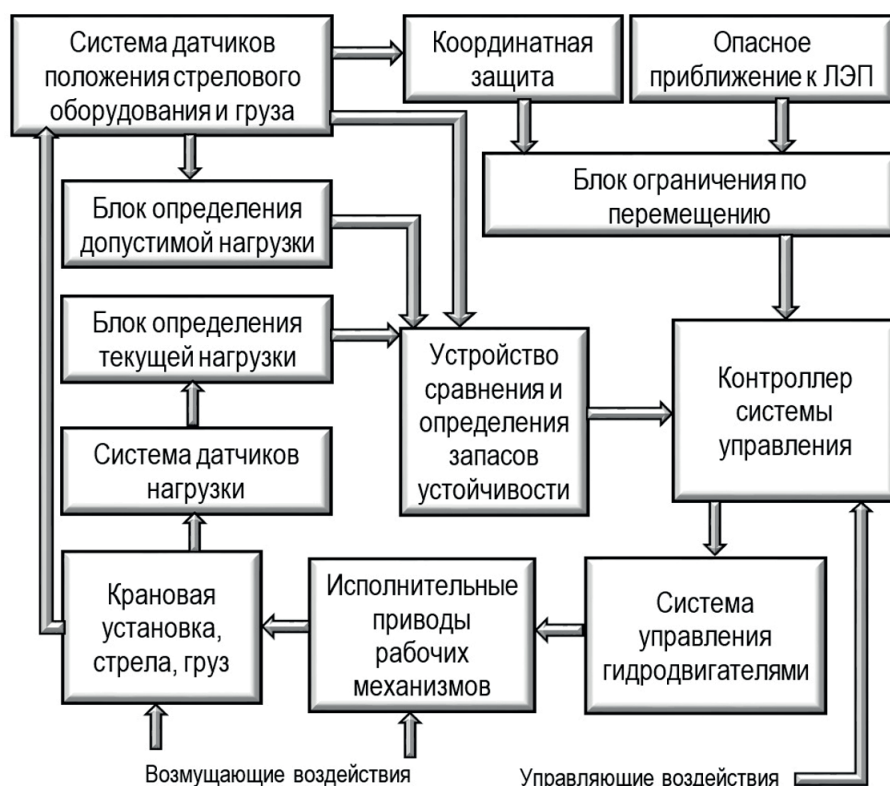


Рис. 2. Обобщенная структурная схема системы управления и защиты стрелового самоходного крана

## ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

**А. В. Редькин,**

доцент, канд. техн. наук

**К. С. Кузнецов,**

магистрант

Тульский государственный университет, Тула

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы интеграции систем контроля устойчивости стреловых самоходных кранов и управления гидроприводами исполнительных органов при выполнении рабочих операций с последующей коррекцией траектории перемещения груза и положения кранового оборудования. Приведены обобщенная схема и алгоритм работы системы. Предложены варианты методов определения запасов устойчивости крана к опрокидыванию.

**Ключевые слова:** стреловой кран, безопасность, управление, устойчивость, гидропривод.

## INTEGRATION OF CONTROL AND SAFETY SYSTEMS OF MOBILE BOOM CRANES

**Abstract.** The study deals with the integration of stability control systems for mobile cranes and hydraulic drives when lifting operations include load path and crane position adjustments. The system's general flowchart and algorithm are presented. Crane tip-over safety margin estimation methods and their possible implementations are proposed.

**Keywords:** jib crane, safety, control, stability, dynamics, monitoring, hydraulic drive.

Основными задачами при автоматизации управления грузоподъемными операциями является обеспечение оптимизации рабочего процесса, точности позиционирования, минимизации колебаний груза при соблюдении условий устойчивости к опрокидыванию. Совместное решение этих задач требует интеграции системы обеспечения безопасности и системы управления исполнительными приводами рабочих органов.

В таких ограничителях устройство управления обрабатывает сигналы с датчиков, обеспечивает сигнализацию для машиниста и формирует сигналы блокировки исполнительных приводов, предотвращающие превышение текущего значения нагрузки  $F_t$  над предельно допустимыми значениями  $P_{\text{доп}}$ , предварительно записанными в память управляющего устройства для различных вариантов положения стрелового оборудования. Текущее значение  $P_{\text{доп}}$  зависит от ряда параметров крана, режима работы и внешних возмущений, изменяющихся в течение рабочего цикла с одним и тем же грузом.

В качестве основного изменяющегося аргумента рассматривается вылет стрелы относительно ребра опрокидывания  $L$ , зависящий от угла поворота  $\varphi$  и определяющий величину опрокидывающего момента  $M_{\text{опр}}$ ,

$$L = \max \left[ \left( |L' \cos \varphi| - \frac{a}{2} \right), \left( |L' \sin \varphi| - \frac{b}{2} \right) \right],$$

где  $L' = l \cdot \cos \alpha$  — вылет стрелы относительно оси поворота;  $l, \alpha$  — длина и угол наклона стрелы;  $a, b$  — габаритные размеры опорного контура (рис. 1).

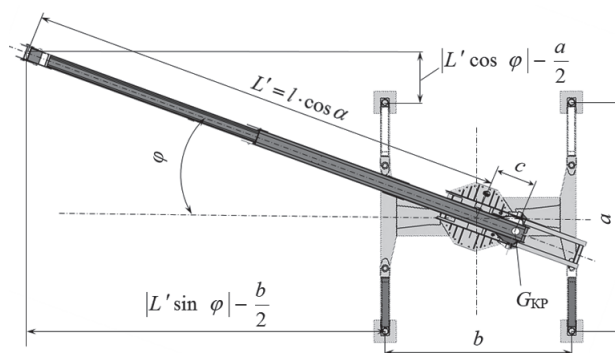


Рис. 1. Расчетная схема для определения текущего значения допустимой нагрузки

С учетом внешних воздействий (ветер, просадка грунта) допустимое значение нагрузки определится следующим образом:

$$P_{\text{доп}} = \frac{G_{\text{кр}} [c \cdot \cos \gamma - h \cdot \sin \gamma]}{k \cdot L} - W,$$

где  $c, h$  — соответственно, расстояние до оси вращения и высота центра масс ненагруженного крана

4. Патент № 2453491. Грузозахватное устройство : № 2010147243/11 : заявл. 18.11.2010 : опубл. 20.06.2012 / А.И. Павлов ; заявитель, патентообладатель Павлов А.И. 8 с.
5. Вайнсон А. А., Андреев А. Ф. Крановые грузозахватные устройства : Справочник. М. : Машиностроение, 1982. 304 с.
6. РД 31.45.03–82. Устройства грузозахватные крановые. Типовые расчеты. Методика : дата введения 1983–01–01 / разработан Черноморским ЦПКБ. М. : В/О «Мортехинформреклама», 1984. 152 с.

## Характеристика грузозахватных устройств

Преимущества	Недостатки
<b>С-образная грузозахватная скоба</b>	
<p>Надежная и простая конструкция.</p> <p>Простота в использовании.</p> <p>Независимость от наличия электроэнергии.</p> <p>Относительно небольшие размеры.</p> <p>Не уменьшает полезной высоты подъема крана.</p> <p>Не нарушает целостность груза за счет использования защитных накладок из резины или полиуретана.</p> <p>Высокая долговечность.</p> <p>Имеет наименьшие единовременные затраты на производство по сравнению с другими механическими видами захватов</p>	<p>Необходимость обеспечения пространства для подхода захвата к торцевой части рулона.</p> <p>Возможность нарушения горизонтального положения захвата при подъеме и перемещении груза.</p> <p>Для работы необходим стропальщик.</p> <p>Снижает грузоподъемность крана из-за собственного веса</p>
<b>Клещевой захват</b>	
<p>Надежная конструкция.</p> <p>Простота в использовании.</p> <p>Независимость от наличия электроэнергии.</p> <p>Не нарушает целостность груза за счет использования защитных накладок из резины или полиуретана.</p> <p>Отсутствует необходимость обеспечения дополнительного пространства для захвата груза.</p> <p>Лапы захватов имеют округлую форму, что увеличивает контактную площадь и предотвращает повреждение кромки груза.</p> <p>Высокая долговечность</p>	<p>Сложная конструкция.</p> <p>Возможность самопроизвольного раскрытия и освобождения груза как только последний столкнется с каким-либо препятствием или с поверхностью разгрузочной площадки.</p> <p>Необходимость в выборе рулонного груза с диаметром отверстия больше чем размер лап в сложенном состоянии.</p> <p>Самые высокие текущие затраты в сравнении с другими грузозахватными органами.</p> <p>Для работы необходим стропальщик.</p> <p>Снижает грузоподъемность крана из-за собственного веса.</p> <p>Уменьшает полезную высоту подъема крана</p>
<b>Электромагнитное грузоподъемное устройство</b>	
<p>Надежная конструкция.</p> <p>Простота в использовании.</p> <p>Отсутствует необходимость обеспечения дополнительного пространства для захвата груза.</p> <p>Экономия трудозатрат и времени.</p> <p>По сравнению с остальными механическими захватами оно универсально и может применяться для закрепления широкого спектра металлических изделий.</p> <p>Имеет относительно небольшие размеры по сравнению с другими механическими грузозахватами.</p> <p>Не нарушает целостность груза.</p> <p>Не требуется стропальщик.</p> <p>Имеет наименьшие текущие затраты в сравнении с другими грузозахватными органами.</p> <p>Обеспечивает наибольший грузопоток в сравнении с другими грузозахватными органами.</p> <p>Высокая долговечность.</p> <p>Возможность управлять электромагнитом дистанционно</p>	<p>Необходимость наличия электроэнергии.</p> <p>Затраты электроэнергии.</p> <p>Сложность в обслуживании, так как имеется электромагнит.</p> <p>Невозможность работы при высоких температурах (более 800 °С).</p> <p>Самые высокие единовременные затраты на производство в сравнении с другими грузозахватными органами.</p> <p>Возможность падения груза при отключении электроэнергии.</p> <p>Снижает грузоподъемность крана из-за собственного веса.</p> <p>Уменьшает полезную высоту подъема крана</p>

**Список литературы**

1. Patent № 0042207. Position adjustable grapple attachment : № 14/060,842 : filed 23.10.2013 : pub. date 13.02.2014 / J. LaValley, D. Larson, J. Kilde et al. ; applicant, proprietor Lavalley Industries, LLC. — P. 30.
2. Patent № 0089342. Hebegabel : № 82901319.2 : filed 28.09.1983 : pub. date 19.03.1986 / H. Paulsson ; applicant, proprietor H. Paulsson. 7 p.
3. Патент № 2009981. Грузозахватное устройство : № 5019623/11 : заявл. 21.01.1992 : опубл. 30.03.1994 / А. А. Паненко, Л. И. Фролов ; заявитель, патентообладатель Белокалитвинское металлургическое произв. объединение. 4 с.



необходимые при его выборе; изучить табл. 1 и 2, в которых представлены основные экономические показатели каждого из рассматриваемых грузозахватных устройств, их достоинства и недостат-

ки, проанализировать полученную информацию и выбрать определенный вид съемного грузоподъемного устройства, удовлетворяющий всем его требованиям эксплуатации.

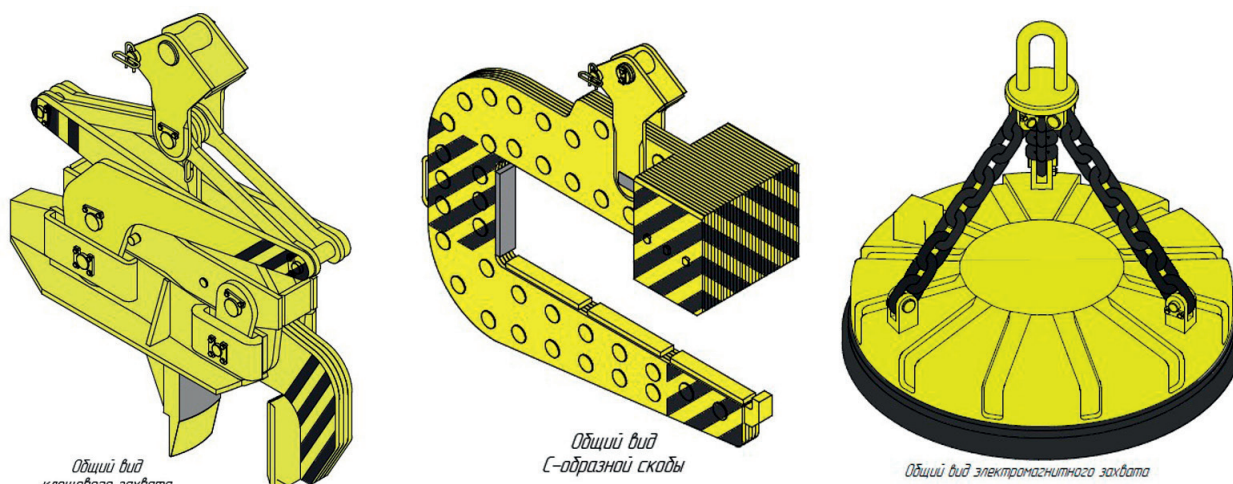


Рис. 1. СГП для перемещения рулонных грузов

Таблица 1

Технические и экономические показатели грузозахватных устройств

Показатель	С-образная скоба	Клещевой захват	Электромагнитный захват
Грузоподъемность, т	20	20	20
Масса, кг	2890	2710	2750
Габаритные размеры, мм:			
— длина	2300	1875	1650
— ширина	720	470	1650
— высота	2100	2120	1630
Геометрические размеры рулонов, мм:			
— внутренний диаметр	800	800	800
— наружный диаметр	1800	1800	1800
— ширина	1600	1600	1600
Срок полезного использования, лет	3	3	3
Режим работы	A5	A5	A5
Климатическое исполнение	У3	У3	У3
Температура рабочего состояния, °С	от -40 до 40	от -40 до 40	от -40 до 40
Единовременные затраты, тыс. руб.	213,19	236,07	482,36
Текущие затраты за год, тыс. руб.	4379,29	4388,06	3908,06
Текущие затраты, тыс. руб. за одну единицу объема грузопотока, равную 20 т	0,55	0,57	0,41
Приведенные затраты, тыс. руб.	4421,93	4435,27	4004,53
Годовой фонд времени работы, час	3876	3876	3876
Грузопоток за год, т	158204	155040	189073